



ANUARIO 2025





Fuerza Aérea de Chile

Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales

ANUARIO 2025

Año 11, enero de 2025

**ANUARIO 2025
FUERZA AÉREA DE CHILE
CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS
Y AEROESPACIALES (CEEa)**

Comité Editorial

Jorge Robles Mella
Álvaro Aguirre Warden
Victor Villalobos Collao
Rene Jorquera Escobar

Editor Responsable

Jorge Robles Mella

Redacción y Dirección del CEEa

Paseo Bulnes 79, Oficina 80, 8º piso
Santiago Centro
Chile

Teléfono +56 2 29762555
Email: ceeafach.mil.cl
Email: ceeafach@gmail.com
Web: www.ceeafach.cl
X@Ceeafach

El Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales (CEEa) constituye un organismo especializado de estudios de la Fuerza Aérea de Chile, destinado al análisis de materias estratégicas, aeronáuticas, espaciales y de tecnología e innovación que tengan relación con lo aeroestratégico, en sus dimensiones doctrinarias, políticas, económicas, técnicas y sociales, contribuyentes al desarrollo de los intereses aeroespaciales y la conciencia aérea nacional.

Los Boletines y Artículos expuestos en esta edición constituyen ponencias, aportes, puntos de vista e ideas de los autores y son de su exclusiva responsabilidad y no representan necesariamente el pensamiento de este Centro de Estudios o de la Fuerza Aérea de Chile.

Año Nº 11, enero de 2025

Diseño Gráfico

Victor Villalobos Collao

Se autoriza la reproducción parcial o total indicando la fuente. (ceeafach.cl)

SUMARIO

Editorial

1. Palabras del Sr. Director Ejecutivo del CEEA, con motivo del 11º Aniversario del Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales.
2. CEEA 2025.

Capítulo I - Efemérides.

1. Efemérides de enero a diciembre 2025.

Capítulo II – Artículos.

1. Vuelos de prueba de Starship.
2. Los accidentes aéreos más trágicos que deja el 2024.
3. Misiones a Marte Parte I.
4. Quien ayuda más a Ucrania. Los datos que resuelven la incógnita.
5. Consolidaran los EE.UU. Un nuevo orden mundial. Esbozo de un cambio internacional.
6. El F-16 Vista y los pilotos de inteligencia artificial de combate.
7. Programa espacial iraní.
8. El control de tráfico aéreo en la seguridad operacional.
9. Conflicto India Pakistán.
10. Misiones a Marte. Parte II.
11. La guerra de Rusia y Ucrania. Consideraciones y desafíos para la próxima cumbre de la OTAN.
12. Ataque de India a Pakistán del 7 de mayo. Una visión desde la perspectiva China.
13. Operación Telaraña.
14. Modernización del poder aéreo latinoamericano: Sistemas no tripulados. Nearshring y capital de riesgo para la defensa.
15. Operación AM KALAVI.
16. La operación Martillo de Medianoche.
17. Botes voladores y material anfibia en la apertura de la ruta hacia Magallanes y la Antártica.
18. Acuerdos Artemisa.
19. El arte del engaño en la guerra aérea: Casos que marcaron la historia.
20. Modelo conceptual para el empleo de sistemas de armas autónomos aéreos.
21. Misiones a Marte: Parte III.
22. European Sky Initiative. Los desafíos a enfrentar.
23. Capacidades C- UAS. Parte I.
24. Capacidades C- UAS. Parte II.
25. BefehlstaK y Auftragstaktik.
26. Desfile militar chino del 3 de septiembre, mensaje de Beijing al mundo.
27. Acuerdo de paz entre Israel y Hamas.
28. Vehículos de transferencia orbital.
29. El control de tránsito aéreo y la seguridad operacional.
30. Las claves para el diseño de una fuerza de aviones de combate colaborativos.

31. Reabastecimiento de combustible en el espacio un pilar estratégico para la sostenibilidad espacial.
32. Misiones a Marte. Parte IV.
33. Módulos lunares de sistema de aterrizaje humano (hls) del programa Artemis.
34. Vehículo de destrucción exoatmosférica (ekv) y next generation interceptor (ngi)

Capítulo III - Boletines Informativos y de Análisis.

1. AMB alcanza 26 millones de pasajeros.
2. Lunar Trailblazer.
3. Programa de exploración de Marte.
4. Aeropuerto Internacional de Mataverí será modernizado.
5. Hakuto -R Misión 2.
6. Misión Blue Ghost de Firefly.
7. Lunanet.
8. Séptimo vuelo de prueba de Starship.
9. La IA en la aeronáutica.
10. Boeing Realiza con éxito la primera prueba de navegación cuántica.
11. Misión IM2 Nova C Athena.
12. Chile cuenta con nuevas estaciones meteorológicas en la Antártica.
13. Ciberataques a satélites.
14. Computación cuántica en Defensa.
15. Satélites cuánticos.
16. Tierras raras.
17. Estación Espacial India.
18. El convenio de Chicago.
19. Financiamiento de la NASA para el año fiscal 2026.
20. Chile en el 64º periodo de sesiones del subcomité jurídico de la COPUOS.
21. Golden Dome.
22. Las operaciones de drones.
23. Octavo vuelo de pruebas de Starship.
24. Combate aéreo en el espacio.
25. Gestión de tráfico de sistemas de aeronaves no tripuladas.
26. Misión conjunta NASA, ISRO y NISAR.
27. Telescopio espacial Spherex.
28. Internet satelital: Democracia, Plutocracia y Seguridad.
29. El sistema de navegación MAGNAV.
30. Meteorología espacial.
31. Constelación ONEWEB.
32. Vehículo de prueba orbital X 37B.
33. Drones y seguridad aeroportuaria.
34. Noveno y décimo vuelo de prueba del sistema Starship.
35. Embarque biométrico.
36. Exploración polar lunar.
37. Limitaciones legales de la exploración minera en el espacio.
38. Misión Tianwen - 2.
39. La FAA publica la norma MOSAIC.
40. Nave experimental reutilizable de China.
41. El accidente del AI 171 de Air India.

42. Radar rendezvous y operaciones de proximidad (RPO).
43. Política de Cielos Abiertos.
44. Spadex y POEM-4.
45. Discurso Día de la Aeronáutica
46. La radiación solar amenaza a la aviación comercial.
47. Que pasa en el espacio aéreo y la aviación comercial en Venezuela.

Capítulo IV - Exposiciones, Seminarios y Conferencias.

1. Seminario actualidad internacional. Navegando en la era cuántica. ACANAV.
2. Conferencia Aeroespacial en la Universidad Mayor.
3. Seminario “La región austral / Antártica y el Ejército de Chile.
4. Segunda Version del Seminario “Sumando esfuerzos para el futuro aeronáutico de Chile”.
5. Presentación del IV Tomo de la Historia del Ejército de Chile.
6. Exposición geoestratégica relativa a EE.UU.
7. Tercera conferencia soberanía espacial.

Capítulo V - Webinars.

1. Consolidarán los EE.UU. Un nuevo orden mundial.
2. Como entender los cambios en el escenario global.
3. Crisis y cooperación en un panorama global de transformaciones.
4. Guerra de drones en Ucrania: lecciones estratégicas para la defensa y seguridad en América latina y el Caribe.
5. Sistema de armas autónomas letales.
6. La nueva trinchera aérea: drones guerrilleros contra las Fuerzas Armadas Colombianas.

Capítulo VI – Nuestros colaboradores.

ÍNDICE

Editorial

11º Aniversario del CEEA	10
El equipo CEEA 2025	12

Capítulo I – Efemérides

Efemérides enero a diciembre 2025	21
-----------------------------------	----

Capítulo II – Artículos

Vuelos de prueba de Starship.	79
Los accidentes más trágicos que deja el 2024.	92
Misiones a Marte: Parte I.	100
Quién ayuda más a Ucrania. Los datos que resuelven la incógnita.	109
Consolidaran los EE.UU. un nuevo orden mundial. Esbozo de un cambio internacional.	117
El F-16 vista y los pilotos de inteligencia artificial de combate.	136
Programa espacial iraní.	144
El control de tráfico aéreo en la seguridad operacional.	156
Conflicto India Pakistán.	165
Misiones a Marte: Parte II.	176
La guerra de Rusia y Ucrania. Consideraciones y desafíos para la próxima cumbre de la OTAN.	187
Ataque de India a Pakistán del 7 de mayo. Una visión desde la perspectiva china.	202
Operación Telaraña.	208
Modernización del poder aéreo latinoamericano: sistemas no tripulados, nearshoring y capital de riesgo para la defensa.	219
Operación AM KALAVI.	235
La operación Martillo de Medianoche.	241
Botes voladores y material anfibia en la apertura de la ruta hacia Magallanes y la Antártica.	254
Acuerdos Artemisa.	264
El arte del engaño en la guerra aérea: casos que marcaron la historia.	272
Modelo conceptual para el empleo de sistemas de armas autónomos aéreos.	285
Misiones a Marte: Parte III.	303
European Sky Shield Initiative. Los desafíos a enfrentar.	312
Capacidades C-UAS. Primera parte.	321
Capacidades C-UAS. Segunda parte.	338
Befehlstaktik y Auftragstaktik.	348
Desfile militar chino del 3 de septiembre. Mensaje de Beijing al mundo.	354
Acuerdo de paz entre Israel y Hamas.	362
Vehículos de transferencia orbital.	366
El control de tránsito aéreo y la seguridad operacional.	378
Las claves para el diseño de una fuerza de aviones de combate colaborativos.	386
Reabastecimiento de combustible en el espacio.	392
Misiones a Marte. Parte IV	405

Módulos lunares de sistema de aterrizaje humano (hls) del programa Artemis.	419
Vehículo de destrucción exoatmosférica (ekv) y next generation interceptor (ngi)	431

Capítulo III - Boletines Informativos y de Análisis

AMB alcanza 26 millones de pasajeros.	440
Lunar Trailblazer.	445
Programa de exploración de Marte.	450
Aeropuerto Internacional de Mataveri será modernizado.	455
Hakuto -R Misión 2.	460
Misión Blue Ghost de Firefly.	465
Lunanet.	470
Séptimo vuelo de prueba de Starship.	475
La IA en la aeronáutica.	480
Boeing Realiza con éxito la primera prueba de navegación cuántica.	485
Misión IM2 Nova C Athena.	490
Chile cuenta con nuevas estaciones meteorológicas en la Antártica.	495
Ciberataques a satélites.	500
Computación cuántica en Defensa.	505
Satélites cuánticos.	510
Tierras raras.	515
Estación Espacial India.	520
El convenio de Chicago.	525
Financiamiento de la NASA para el año fiscal 2026.	530
Chile en el 64º periodo de sesiones del subcomité jurídico de la COPUOS.	535
Golden Dome.	539
Las operaciones de drones.	543
Octavo vuelo de pruebas de Starship.	548
Combate aéreo en el espacio.	553
Gestión de tráfico de sistemas de aeronaves no tripuladas.	558
Misión conjunta NASA, ISRO y NISAR.	563
Telescopio espacial Spherex.	568
Internet satelital: Democracia, Plutocracia y Seguridad.	573
El sistema de navegación MAGNAV.	578
Meteorología espacial.	583
Constelación ONEWEB.	588
Vehículo de prueba orbital X 37B.	593
Drones y seguridad aeroportuaria.	598
Noveno y décimo vuelo de prueba del sistema Starship.	603
Embarque biométrico.	608
Exploración polar lunar.	613
Limitaciones legales de la exploración minera en el espacio.	618
Misión Tianwen – 2.	623
La FAA publica la norma MOSAIC.	628
Nave experimental reutilizable de China.	633
El accidente del AI 171 de Air India.	638
Radar rendezvous y operaciones de proximidad (RPO).	643
Política de Cielos Abiertos.	648
Spadex y POEM-4.	653
Discurso Día de la Aeronáutica	658
La radiación solar amenaza a la aviación comercial.	662

Que pasa en el espacio aéreo y la aviación comercial en Venezuela.	667
--	-----

Capítulo IV - Exposiciones, Seminarios y Conferencias

Seminario actualidad internacional. Navegando en la era cuántica. ACANAV.	673
Conferencia Aeroespacial en la Universidad Mayor.	674
Seminario “La región austral / Antártica y el Ejército de Chile.	675
Segunda versión del seminario Sumando esfuerzos para el futuro aeronáutico de Chile	676
Presentación del IV Tomo de historia del Ejército de Chile	677
Exposición geoestratégica relativa a EE.UU.	678
Tercera conferencia soberanía espacial	679

Capítulo V - Webinars

Consolidaran los EE.UU. Un nuevo orden mundial.	681
Como entender los cambios en el escenario global.	682
Crisis y cooperación en un panorama global de transformaciones.	683
Guerra de drones en Ucrania: Lecciones estratégicas para la defensa y seguridad en América Latina y el Caribe.	684
Sistema de armas autónomas letales.	685
La nueva trinchera aérea: drones guerrilleros contra las Fuerzas Armadas Colombianas.	686

Capítulo VI - Nuestros colaboradores	687
---	-----

EDITORIAL

11º ANIVERSARIO DEL CEEA



El Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales (CEEAA) de la Fuerza Aérea de Chile, cumple este 27 de marzo un nuevo año de existencia, mes en que la Institución además cumple 95 años de vida al servicio del país.

Los orígenes del Centro se remontan al año 1991, cuando la Fuerza Aérea de Chile crea el entonces llamado Centro de Estudios Aeronáuticos y del Espacio (CEADE) destinado al estudio, investigación y difusión de la actividad aeroespacial. Dicho Centro de Estudios fue una herramienta relacionadora de nuestra institución con los diferentes estamentos que componen la sociedad, con el fin de promover los intereses aeronáuticos y espaciales en la ciudadanía, con el propósito de formar una conciencia aérea en el país. El CEADE realizó un trabajo fructífero, entrando en receso sus actividades el año 2000.

En el año 2014, la Institución decide retomar esta importante actividad académica y de investigación reactivando y reorientando sus funciones a través de la activación del ahora llamado Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales (CEEAA).

Hoy, quienes integramos el Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales, seguimos trabajando en los cuatro ámbitos de acción para lo cual el centro de estudios fue creado, el análisis en materias Estratégicas, Aeronáuticas, Espaciales y de Tecnologías e Innovación, todas ellas en estrecha relación con los conceptos del Poder Aéreo y Espacial.

Así también, intentamos seguir sirviendo de puente para el desarrollo de otras disciplinas ligadas al mundo aeronáutico. Nuestro Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales tiene como propósito contribuir a cubrir la demanda diaria de nuestra sociedad por mayor conocimiento y participación, en áreas que requieren una información especializada, multidisciplinaria y actualizada. En base a esta visión, hemos proyectado nuestro accionar para ser un aporte al desarrollo integral de Chile.

En plena era de la información, nos obliga a ser más proactivos y extender nuestros contactos con líderes de opinión, Universidades, Centros de Estudios y de investigación, medios de prensa, industria aérea y revistas especializadas nacionales e internacionales.

Nuestras investigaciones y análisis están plasmadas en la preparación de efemérides, las cuales han servido para mantener la historia viva de nuestros precursores, Boletines Informativos y Artículos, con los últimos acontecimientos de interés aeronáuticos y de la Defensa con énfasis en los casos de impacto internacional, regional y nacional. Nos hemos acercado al mundo académico, aeronáutico y afines, con convenios y alianzas, en la realización de Webinars y otras actividades, teniendo una excelente respuesta en los participantes.

Hoy, estamos seguros de que vamos en el camino correcto, cumpliendo nuestra misión a la cual fuimos encomendados, con una mirada de futuro, con nuevos desafíos y poner todo nuestro esfuerzo en seguir siendo una herramienta integradora en la conciencia aérea del país.

Agradecemos en forma especial la colaboración a nuestros Investigadores Asociados, a los centros de estudios y organizaciones académicas afines, así como y a todos quienes han participado activamente en las actividades del CEEA.

Finalmente, queremos destacar la valiosa colaboración recibida por la Comandancia en Jefe de la Fuerza Aérea de Chile y su Secretaría General, ya que su permanente apoyo nos ha permitido alcanzar los objetivos que nos fijamos para el presente año.

Nuestra página web www.cee.cl y nuestra cuenta X@CeeFach están a disposición para la presentación de opiniones e incrementar su interés y conocimientos respecto de materias de estudio de nuestro centro.

Jorge ROBLES Mella

Director Ejecutivo

CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS Y AEROESPACIALES

EL EQUIPO DEL CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS Y AEROESPACIALES

I. SÍNTESIS DEL ACCIONAR, MISIÓN Y VISIÓN DEL CEEA.

El Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales (CEEAA), depende de la Comandancia en Jefe, a través de la Secretaría General.

La función fundamental del CEEAA es representar y difundir ante la comunidad académica de nuestro país y la ciudadanía en general, el conocimiento de las materias estratégicas, especialmente aquellas que tengan relación con el poder aéreo, en conjunto con los temas aeronáuticos, espaciales y de tecnología e innovación, contribuyendo al conocimiento y comprensión de las posibilidades que ofrece el medio aéreo y espacial para el mejor desarrollo de las múltiples actividades públicas y privadas, en beneficio de los ciudadanos y del país.

MISIÓN DEL CEEA

“Desarrollar investigaciones, estudios, y análisis de materias estratégicas, aeronáuticas, espaciales y de tecnología e innovación que tengan relación con lo aeroestratégico, en sus dimensiones doctrinarias, políticas, económicas, técnicas y sociales, con el propósito de contribuir a los intereses institucionales”.

VISIÓN DEL CEEA

“Constituirse en un Centro de Estudios de referencia a nivel nacional e internacional en materias estratégicas, aeronáuticas, espaciales y de tecnología e innovación, que tengan relación con lo aeroestratégico, acorde a los intereses institucionales”

El CEEAA viene a continuar la fructífera labor académica realizada por el antiguo CEADE, Centro de Estudios Aeronáuticos y del Espacio, creado en 1991 para investigar el fenómeno aeroespacial y difundir la comprensión de sus efectos en la sociedad.

Su reactivación es una de las iniciativas de preparación del Centenario de la Fuerza Aérea de Chile (“En la Ruta de los 100 años, Siempre volar más alto”). En el CEADE participaron un gran número de colaboradores e investigadores asociados, que permitió el desarrollo de variados seminarios y publicaciones.

Este año, el CEEAA cumplió 11 años en sus tareas de estudios e investigación, con el apoyo de investigadores asociados y Centros afines.

La capacidad de estudio e investigación del CEEAA radica en el trabajo de sus investigadores y fuentes propias, complementada por los trabajos que aporte la Academia de Guerra Aérea y la Academia Politécnica Aeronáutica, en su calidad de centros de enseñanza e investigación institucional.

Adicionalmente, el CEEA incorpora a su base de operación aquellas capacidades de conocimiento e investigación que provean asociaciones, convenios, alianzas y otras formas de unión, tanto con organizaciones como con investigadores individuales que se desempeñen en el ámbito académico y científico, incrementando y ampliando las propias capacidades y las de sus asociados, como también las del país.

II. LÍNEAS DE TRABAJO DEL CEEA.

Para el desarrollo de su misión el CEEA ha definido cuatro líneas de trabajo principales, que sustentarán su accionar para alcanzar sus objetivos fundamentales de representación y difusión del conocimiento estratégico aéreo, aeronáutico y espacial. Las líneas de trabajo del CEEA serán las que se señalan y explican a continuación.

LÍNEA DE ASUNTOS ESTRATÉGICOS.



Representa la línea de investigación y análisis del amplio espectro de los aspectos estratégicos tales como la Política de Defensa Nacional, la Política Militar, la Acción Conjunta, la Estructura de la Defensa y sus Capacidades Estratégicas, entre otras. Dentro de este ámbito, merece un capítulo especial, el análisis y difusión de los aspectos derivados del empleo del poder aéreo, su doctrina y aporte a las actividades de la defensa nacional y al desarrollo del país.

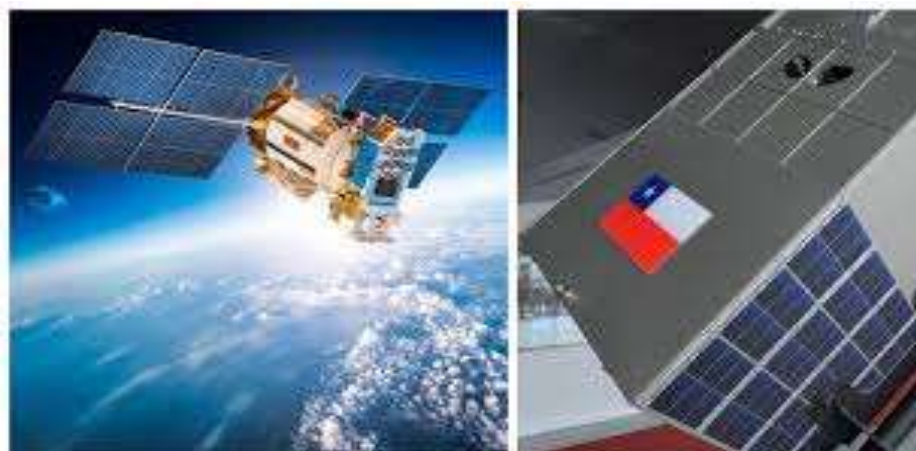
LÍNEA DE ASUNTOS AERONÁUTICOS



Representa la investigación y análisis del sistema aeronáutico nacional en su conjunto, haciendo énfasis en el Sistema Aeronáutico Nacional. Dentro de este Sistema, cobra especial importancia la investigación prospectiva de la demanda en el ámbito de la infraestructura aeronáutica y aeroportuaria nacional.

También, está encargada del análisis de las tendencias en el desarrollo de los aeropuertos en cuanto a sus repercusiones en el ámbito de la seguridad interior del país (Homeland Security), como de la seguridad operacional (Safety), dado el incremento de aeronaves y tráfico.

LÍNEA DE ASUNTOS ESPACIALES



Representa la investigación y análisis de los aspectos relacionados con el uso del espacio exterior para beneficio nacional, en materias tales como la Política Espacial Nacional, la formación de una institucionalidad espacial nacional que sintetice el aporte de todos los actores, la definición de los sistemas espaciales de necesidad nacional, tanto del ámbito de la defensa como de uso civil o mixto, etc.

En especial, el CEEA colaborará con la difusión de las capacidades y aplicaciones puestas al servicio de la percepción remota nacional, derivada de la explotación de las imágenes satelitales obtenidas con el uso del satélite. Dentro de estas aplicaciones, cobra especial interés aquellas que van en directo beneficio de los programas de investigación y desarrollo que realizan los diversos Centros de Investigación nacionales, que requieren el uso sistemático de imágenes satelitales para su cometido.

LÍNEA DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



Esta línea de trabajo representa la investigación y análisis del amplio espectro de la tecnología y la innovación aplicada en el ámbito de poder aeroespacial. Incluye el análisis, estudios y fomento de las aplicaciones de la Tecnología Aeroespacial en el quehacer nacional, las políticas e incentivos a la Investigación, Desarrollo e Innovación (ID+i). En particular, el CEEA apoyará todas aquellas iniciativas que incrementen el rol de la Fuerza Aérea de Chile en la Investigación en Tecnología a nivel nacional e internacional, privilegiando las alianzas y acuerdos con otros Centros, Universidades u organismos afines.

Cabe señalar que la Fuerza Aérea de Chile posee un centro especializado para la ejecución y participación activa en programas de investigación aeroespacial: el CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aeroespaciales), dependiente de la Academia Politécnica Aeronáutica (APA), como una manera de generar conocimiento y soluciones innovadoras que colaboren al desarrollo de la aeronáutica nacional.

En la actualidad, dicho centro se encuentra desarrollando programas de investigación con un fuerte impulso en el área de las Tecnologías de los Materiales aeronáuticos, así como también en las áreas de tecnologías de Percepción Remota, de Sistemas Aeronáuticos en general, Energéticas y las relacionadas con la Gestión del Conocimiento e Informáticas.

III. EQUIPO DEL CEEA 2025.

Durante el año 2025, el CEEA ha contado con cuatro integrantes, quienes abarcaron las cuatro líneas de trabajo definidas para el Centro de Estudios. Todos los directores cuentan con una vasta experiencia profesional y currículo académico en los temas y las líneas de investigación del Centro de Estudios. A continuación, se señala una breve reseña de los directores integrantes del CEEA.

A. Director Ejecutivo y Director de Asuntos Estratégicos.

General del Aire Sr. Jorge ROBLES Mella



El General Sr. Jorge Robles fue oficial del Escalafon del Aire, Ingeniero de Ejecución en Sistemas Aeronáuticos” mención Piloto de Guerra y “Magíster en Ciencias de la Administración Militar”, graduado de Oficial de Estado Mayor en la Academia de Guerra Aérea. Además, es graduado de la Universidad del Aire de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos de Norteamérica en el Curso “Avanzado de Mando y Estado Mayor”.

Es “Magíster en Seguridad y Defensa” en la mención Gestión Política/Estratégica y además, posee el Diplomado de Seguridad y Defensa de la Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos. También, es Graduado del Maritime Warfare Centre en Southwick Park Inglaterra, con el curso de “Planificación de Operaciones Conjuntas” y graduado del

Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile con el Diplomado “Los Árabes y el Islam en la era global”.

Es profesor de academia en la Catedra ⁹las asignaturas de “Operaciones” y “Estrategia”.

Durante su carrera en la Fuerza Aérea de Chile, sus principales desempeños de alto nivel fueron: Director de la Academia de Guerra Aérea, Secretario General de la Fuerza Aérea, Director de Planificación Estratégica del Estado Mayor Conjunto, Jefe del Estado Mayor General de la Institución, Comandante en Jefe de la Fuerza Aérea de Chile, Presidente del Directorio de la Empresa Nacional Aeronáutica (ENAER), Director de la Academia Nacional de Estudios Estratégicos. Actualmente es integrante del Consejo de Política Exterior del Ministerio de Relaciones Exteriores.

B. Director de Asuntos Espaciales.

General de Aviación Sr. Álvaro AGUIRRE Warden



El General Sr. Álvaro Aguirre fue oficial del Escalafón del Aire. Es Ingeniero de Ejecución en Sistemas Aeronáuticos mención Piloto de Guerra. Es graduado de Oficial de Estado Mayor de la Academia de Guerra Aérea de la Fuerza Aérea de Chile. Durante su carrera en la Fuerza Aérea de Chile, sus principales desempeños de alto nivel fueron: Agregado Aéreo Adjunto a la Embajada de los Estados Unidos y Oficial de Enlace en la 12ava. de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, Jefe de Estado Mayor del Comando Conjunto Norte, Jefe de la División de Recursos Humanos del Comando de Personal, Comandante en Jefe de la Va. Brigada Aérea, Director de la Dirección de Planificación y Doctrina del Estado Mayor General de la Fuerza Aérea de Chile, Comandante del Comando Logístico y Presidente de la Feria Internacional del Aire y del Espacio (FIDAE) en los años 2016 y 2018. Se desempeñó como consejero de la

Comisión Chilena de Energía Nuclear y Gerente General de la Fundación Arturo Merino Benítez en el periodo 2019-2023.

C. Director de Asuntos Aeronáuticos.

General de Aviación Sr. Victor VILLALOBOS Collao



El General Sr. Victor Villalobos fue oficial del Escalafón del Aire, Piloto de Guerra, graduado de Oficial de Estado Mayor de la academia de Guerra Aérea de la Fuerza Aérea y de la Academia de Guerra del Ejército de Chile, Ingeniero de Ejecución en Sistemas Aeronáuticos y Magister en Ciencias Militares, mención en Planificación y Gestión Estratégica. Es graduado del curso de Altos Estudios Estratégicos para Oficiales Superiores Latinoamericanos, del Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional, en Madrid, España. Asimismo, es Diplomado en Gestión y Administración Educacional de la Universidad del Desarrollo. Es profesor invitado de la Academia Nacional de Estudios Políticos y Estratégicos (ANEPE) del Diplomado en Estudios Aeroespaciales, Seguridad y Defensa.

Durante su carrera en la Fuerza Aérea, sus principales desempeños de alto nivel fueron: Jefe del Estado Mayor de la IIa. y de la IVa. Brigada Aérea, Agregado Aéreo a la Embajada de Chile en el Perú, Jefe de la División de Recursos Humanos del Comando de Personal, Comandante en Jefe de la IIa. Brigada Aérea y Director General de Aeronáutica Civil. También, se desempeñó como Presidente del Sistema Regional de Cooperación para la Vigilancia de la Seguridad Operacional dependiente de la Oficina Regional Sudamericana de la OACI, Vicepresidente del Comité Ejecutivo de la Comisión Latinoamericana de Aviación Civil (CLAC) y Miembro del Consejo de la Junta de Aeronáutica Civil, dependiente del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.

D. Director de Tecnología e Innovación.

General de Brigada Aérea Sr. Rene JORQUERA Escobar



El General Sr. Jorquera fue oficial del Escalafón de Defensa Antiaérea, Ingeniero de Ejecución en Sistemas de Armas mención Defensa Antiaérea y graduado de Oficial de Estado Mayor en la Academia de Guerra Aérea. Es Ingeniero de Ejecución en Gestión Informática del Instituto Profesional INACAP y Graduado del Curso de Mando y Estado Mayor (Master of Military Arts) del Colegio de Comando de la Fuerza Aérea de la República Popular China.

Así mismo, es Magister en Administración de Recursos Humanos de la Universidad Gabriela Mistral. Es Profesor Militar de Academia de Guerra Aérea en la Cátedra de Personal y Estado Mayor y ejerce como profesor en la misma Academia.

Durante su carrera en la Fuerza Aérea, sus principales desempeños de alto nivel fueron: Comandante del Regimiento de Artillería Antiaérea y Fuerzas Especiales, Director de Relaciones Internacionales y Jefe de la División de Recursos Humanos del Comando de Personal de la Fuerza Aérea de Chile.

E. Staff del CEEA.

Nuestro Centro de Estudios se complementa con la acción de nuestro colaborador en el ámbito administrativo-logístico, quien nos da su apoyo para la realización de las diversas actividades que cada año nos corresponde realizar.

1. Oficina Administrativa y Logística.



Suboficial (R) Sr. Miguel Toledo

F. Información General.

El CEEA tiene sus instalaciones en Santiago Centro, Bulnes 79, Oficina 80, Santiago de Chile, Tel. (56 -2) 29762554.

Cuenta con una página web www.ceeaa.cl, y está presente en las redes sociales en X@CeeaaFach, donde se tiene acceso a las líneas de trabajos, noticias, publicaciones y contacto.



ANUARIO 2025

CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS Y AEROESPACIALES



CAPÍTULO I

“EFEMÉRIDES”

Efemérides de Enero

07.enero.1937. Inauguración del Servicio Aéreo de pasajeros Puerto Montt - Punta Arenas.

El 7 de enero de 1937, se inauguró el servicio aéreo de pasajeros entre Puerto Montt y Punta Arenas, que fue llamado Línea Experimental, en la que se emplearían los nuevos aviones anfibios Sikorsky S-43. Materializar esta iniciativa a principios de 1930 fue una tarea titánica, realizada con esfuerzo y valor, que tuvo que enfrentar grandes dificultades y la pérdida de camaradas, para finalmente verse coronada con el éxito, en una época en la que no se contaba con la información meteorológica, cartas aeronáuticas y sistemas de comunicaciones como las que existen hoy en día para emprender el vuelo en esas latitudes. El Comodoro Arturo Merino Benítez, prócer de la Aeronáutica Nacional, se empeñó en unir por “los caminos del aire” por todo el territorio nacional, asumiendo, la difícil misión de conectar la zona más austral de Chile, desde Puerto Montt al sur.

Sus sueños fueron alcanzados en enero de 1930, inaugurándose oficialmente la Línea Aérea Experimental Puerto Montt-Puerto Aysén, en lo que sería un primer paso para la conexión de las zonas más apartadas de nuestro país.



Avión anfibio Sikorsky S-43 “Magallanes”.

La operación “Manu-Tama I”. 12 de enero de 1998. Siguiendo en la senda de conectar el país y como una forma de demostrar las nuevas capacidades adquiridas por la aviación de combate, la FACH planificó durante un año, una operación de largo aliento con reabastecimiento en vuelo. Un día 12 de enero de 1998, cuatro aviones F-5E/F volaron hacia la Isla de Pascua. Esta Operación se denominaría “Manu-Tama I” (Pájaro de Guerra). Aparte de los 4 aviones de combate, el apoyo a la operación estuvo compuesta por un avión KC-707 “Águila”, un Gulfstream III y un C-130 “Hércules”.

La operación requería de un intenso entrenamiento de las tripulaciones de los aviones cazas y el tanquero, las cuales trabajaron coordinadamente para dar vida a la operación. Vuelos de día y de noche, fueron acrecentado el nivel de eficiencia óptimo para el cumplimiento de la misión. Cada material de vuelo tenía una misión específica, el Gulfstream III enviar los informes meteorológicos de la ruta y el C-130 “Hércules” con la misión de rescate, llevaba a bordo una agrupación de PARASAR, que realizaría el rescate de ser necesario ante una eventual emergencia.

La nueva capacidad adquirida por las unidades participantes, se puso a prueba el 12 de enero a las 14:00 hrs. hora en que los aviones F5E/F despegaron desde la Base Aérea Cerro Moreno. Los aviones de combate recorrieron 3.800 kms. en 5 horas y 32 minutos hasta Isla de Pascua, completando tres reabastecimientos de 5 minutos para cada avión. Siendo las 17:32 (hora de Rapanui), se culminó la primera parte de la operación, con el aterrizaje de los F-5E/F. Días más tarde, el 14 de enero, se realizaría el viaje de regreso y la culminación de la Operación “Manu-Tama I”. Con esta operación, el Estado de Chile y particularmente la Fuerza Aérea demostraron tener la capacidad de proyectar fuerzas hacia esas lejanas posesiones en caso de ser requerido.

Debe tenerse en cuenta que, en determinados periodos de la historia, otros Estados tuvieron aspiraciones sobre ese territorio insular, por lo que esta acción tiene un trasfondo estratégico relevante.



11.enero.1914. Primer mártir de la aviación militar. Teniente Francisco Mery Aguirre.

El Capitán Avalos, dispuso que el oficial de servicio, el Teniente Francisco Mery Aguirre, practicara un vuelo en el avión Bleriot 50 HP llamado "Manuel Rodríguez", el Teniente Mery voló alrededor de 45 minutos, alcanzando hasta los 1.000 mts. de altura. Cuando se disponía aterrizar y descendía en viraje escarpado por la izquierda, el avión cambio bruscamente de dirección hacia la derecha, en reverso, cayendo desde unos 80 mts. en esa posición dentro del aeródromo, sin que el Teniente Mery pudiera estabilizarlo, muriendo instantáneamente.



El vuelo del "Manu - Tara". 19 y 20 de enero de 1951.

El 19 de enero de 1951, a las 19:20 horas, despegó desde el aeródromo La Florida de la ciudad de La Serena, el "Manu-Tara" con rumbo a Isla de Pascua. El vuelo tuvo una duración de 19 horas y 22 minutos, recorriendo 2.047 millas náuticas (3.750 Km). Siendo las 14:14 horas del 20 de enero de 1951, el "Manu-tara" tocó suelo Rapanui en una pista especialmente adaptada para el avión, todo un acontecimiento en la Isla y en el continente. En esos años la conectividad era solo por mar y muy precaria; una vez al año un buque de abastecimiento de la Armada llegaba a Rapanui con productos del continente. Este acontecimiento se transformó en el primer vuelo transoceánico entre Chile continental y la Isla de Pascua; en definitiva, el vuelo del "Manu-Tara" fue una clara señal de unión e integración de unos de los lugares más apartados de nuestro territorio.

Para la política exterior de Chile, esto significó la ratificación de la posesión chilena en esa parte de la polinesia, que junto con expandir nuestros espacios marítimos soberanos y Zona Económica Exclusiva, , configura gran parte de nuestra proyección nacional hacia Asia y a la fecha hace que la Organización de Aviación Civil Internacional asigne a nuestro país una de las zonas de control y de Búsqueda y Rescate más grandes del mundo, con el reconocimiento mundial consecuente hacia nuestra jurisdicción.



Este vuelo demostraba, además, que la ruta sobre el Pacífico Sur era una realidad y que los vuelos comerciales se harían rutinarios en un corto plazo, como efectivamente acontece en nuestros tiempos.

Operación Halcón Polar. 28 de enero de 1999.

El 28 de enero de 1999, hace 26 años, el nuevo Sikorsky Black Hawk adquirido por la FACH, alcanzaba por primera vez en la historia el Polo Sur, por un helicóptero. La Operación se denominó “Halcón Polar”, compuesta por la reciente adquisición, además de dos aviones Twin Otter DHC-6 serie 300 en configuración antártica y un C-130 “Hércules” de apoyo.

Ya en la profundidad del territorio antártico, se utilizaron la Base Antártica Teniente Carvajal, los campamentos Fossil Bluff, Patriot Hills y Thiel Mountain para el apoyo tanto del helicóptero Sikorsky Black Hawk como de los aviones Twin Otter DHC-6 serie 300. Después de una detallada planificación, la operación se inició el 16 de enero de 1999.

Las condiciones meteorológicas debían ser muy favorables para realizar el cruce desde la Base Aérea de Chabunco en Punta Arenas a la Base Antártica Eduardo Frei Montalva en la Isla Rey Jorge, sobrevolando el Mar de Drake. Este vuelo tuvo una duración de 6 horas.

El “Sikorsky UH-60 Black Hawk”.



En el primer semestre del año 2018, en la ciudad de Mielec, Polonia, donde fueron ensamblados los Black Hawk, se realizó el proceso Customer Acceptance Test (CAT), etapa en la que se efectuaron vuelos de prueba e inspección de las aeronaves, siendo recepcionadas y transportadas a Chile en agosto pasado en un avión ruso Antonov 124, considerado uno de los mayores aviones de carga del mundo.

El 30 de agosto, en instalaciones del Grupo de Mantenimiento N°52, en la Base Aérea Pudahuel, se realizó la ceremonia oficial de recepción, encabezada por altas autoridades de la Defensa. También, participaron en la actividad integrantes del Alto Mando, autoridades civiles y militares e invitados especiales como el Presidente de la empresa Sikorsky, Dan Schultz.

Los MH-60M pueden realizar operaciones aéreas en todo tiempo, con mayor autonomía y techo de servicio, lo que permite, por ejemplo, el rescate de personas en zona altiplánica, en la cordillera (altura) o en el mar. Es una aeronave fundamental para los servicios de búsqueda y rescate, incluso en zonas aisladas y distantes, operando de una forma autónoma y rápida. Frente a un escenario de catástrofe, lo primero que se necesita es tener información, llegar lo antes posible para poder asistir a la población en medio de la emergencia.

Estos helicópteros permiten reaccionar en menor tiempo y con una capacidad para realizar rescate masivo, ya que posee una configuración de rescate de hasta 20 personas. Para cumplir los requerimientos de apoyo a la comunidad como la búsqueda y rescate de personas, la aeronave cuenta con un sistema de tecla si el terreno le impide posarse y un equipamiento para evacuaciones aeromédicas, pudiendo incorporar de 3 a 6 camillas en cada helicóptero o a 20 personas en un solo vuelo en caso de traslados masivos de damnificados, por ejemplo.

Cuentan con equipamiento de visión infrarroja para navegar y realizar búsquedas nocturnas, además de radar meteorológico, que le posibilita operar en todo tiempo y condición diurna o nocturna. También, posee un sistema antihielo en las palas, que hace posible desplegarse en la Antártica. Otra particularidad es la factibilidad de ser transportado en otras aeronaves institucionales de mayor capacidad como el C-130 para desplegarlo a zonas mucho más aisladas, como Isla de Pascua o en Operaciones de Paz fuera del país. Puede trasladar 13 soldados equipados y tiene un sistema fast rope para el descenso de fuerzas especiales o de tropa. En la parte inferior de la aeronave posee un gancho de carga capaz de alzar y trasladar hasta cuatro toneladas aproximadamente (un vehículo o una pieza de artillería, por ejemplo).



El Grupo de Aviación N° 9 asentado en la Base Aérea de Pudahuel, es el centro de operaciones de los Black Hawk, desde donde se coordinarán los despliegues a todo el territorio nacional.

Los Black Hawk MH-60M constituyen un significativo avance para las tripulaciones, dado que se trata de un helicóptero moderno, con modernas tecnologías, que permite operar en altura con formación de hielo en condiciones muy restrictivas.

Efemérides de Febrero

El mes de febrero, presenta hitos históricos importantes. El Raid Puerto Montt-Río de Janeiro, realizado por pilotos civiles en aviones Fairchild, Primer vuelo de un avión construido en Chile, bautizado Batuco, Primer raid en territorio nacional Batuco-Santiago, realizado por Clodomiro Figueroa, Primer raid Santiago-Tacna-Santiago, realizado por la Escuadrilla de Servicio de la Aeronáutica Militar, entre otros.

En esta edición mostraremos el Avión Bombardero Douglas B-26 “Invader”.

5.FEBRERO.2018. FALLECIMIENTO DE LA AVIADORA MARGOT DUHALDE SOTOMAYOR.

A la edad de 97 años, falleció en Santiago la distinguida y apreciada aviadora Margot Duhalde Sotomayor, nacida en Río Bueno, en el sur de Chile, el 12 de diciembre de 1920, en el seno de una familia de origen francés.

Fue la primera mujer piloto de guerra nacional, piloto de transporte y una de las pioneras de la aviación latinoamericana. En 1938 efectuó el curso de vuelo e ingresó como socia al Club Aéreo de Chile, posteriormente en 1941, durante la Segunda Guerra Mundial, viajó a Europa y se desempeñó como piloto para las fuerzas francesas libres de Charles de Gaulle, ingresando luego a la Royal Air Force, en la división Air Transport Auxiliary (ATA).



Margot Duhalde Sotomayor.

En 1946 realizó una gira por América Latina, con el objeto de efectuar demostraciones de aviones franceses, visitando Argentina, Brasil, Uruguay y Chile.

En 1947 regresó a nuestro país desempeñándose como piloto privado y luego como piloto comercial para la aerolínea Lipa-Sur. Posteriormente, trabajó como controladora de tránsito aéreo en la Dirección General de Aeronáutica Civil.

A lo largo de su carrera, también se desempeñó como instructora de vuelo y además en 1980 fundó una escuela de vuelo en Punta Arenas.

9 de febrero de 1967, Inauguración del Aeropuerto Arturo Merino Benítez (AMB) de Santiago.

Durante el gobierno del Presidente Eduardo Frei Montalva, se creó el Aeropuerto Pudahuel, actual Aeropuerto Arturo Merino Benítez (AMB) de Santiago. Su origen se remonta al año 1955, cuando una comisión de expertos norteamericanos (Misión Brett), realizó un estudio para determinar la mejor ubicación para el nuevo terminal aéreo de Santiago, en reemplazo del aeropuerto de Los Cerrillos que ya no satisfacía los requerimientos de modernidad de aquellos tiempos.

Por sus características topográficas y obstáculos naturales, se escogió Pudahuel, un sector al poniente de la capital, lugar por el que el nuevo aeropuerto adoptó su nombre. Recién el 19 de marzo de 1980, recibió el nombre de Aeropuerto Arturo Merino Benítez, en honor al primer Comandante en Jefe de la Fuerza Aérea de Chile (FACH) y principal precursor de la aviación civil y comercial en Chile.



15.febrero.1947 Primer vuelo de avión FACH en la Antártica.

El Vought Sikorsky OS-2U “Kingfisher” N° 308 sobrevuela Isla Decepción durante 30 minutos en actividades de reconocimiento y fotogrametría.

Es piloteado por el Teniente 1° (A), señor Arturo Parodi Alister, llevando como observador al Comandante de Escuadrilla (A), señor Enrique Byers del Campo, quienes arribaron a la Antártica a bordo del transporte “Angamos” de la Armada Nacional.

Lo anterior, como parte de las dos naves que participaron en la Primera Expedición Antártica que llevaba los pertrechos para instalar la primera base permanente chilena llamada entonces “Soberanía” y que actualmente se denomina “Base Naval Antártica Capitán Arturo Prat”.



11.FEBRERO.1913. CREACIÓN DE LA ESCUELA DE AERONÁUTICA MILITAR.

La Escuela de Aviación "Capitán Manuel Ávalos Prado" es la organización dependiente de la División de Educación del Comando de Personal, cuya misión es formar a los futuros oficiales de la Fuerza Aérea de Chile. La Escuela de Aviación es la más antigua de América y la cuarta en el mundo en su área.



Escuela de Aviación "Capitán Manuel Ávalos Prado".

La Escuela de Aviación "Capitán Manuel Ávalos Prado", estaba en los requerimientos que fueron entregados en un informe que emitió el Teniente Coronel de Ejército Don Pedro Pablo Dartnell al gobierno de la época. En ese informe se plasma la necesidad de crear la aviación en Chile. Los primeros en formarse como pilotos fueron los tenientes Manuel Ávalos Prado y Eduardo Molina Lavín, junto a los mecánicos Miguel Cabezas Soto y Pedro Donoso.

La visión y el trabajo realizado por Dartnell, Ávalos y Cabezas, dio sus frutos. Es así, como el 11 de febrero de 1913, se firma Decreto Supremo N° 187, creando la Escuela Aeronáutica Militar.

Su primer asentamiento fue en el entonces Regimiento de Ferrocarrileros, dado que no existían instalaciones para albergar la Escuela recién creada.

12.FEBRERO.1980. INAUGURACIÓN DE PISTA Y AERÓDROMO TENIENTE MARSH EN ISLA REY JORGE.

El 12 de febrero de 1980 se inaugura la pista y el aeródromo "Teniente Rodolfo Marsh Martin", en la isla Rey Jorge en la Antártica Chilena. Esta pista permitió el aterrizaje de aviones del tipo C-130 Hércules y la apertura de la ruta aérea entre Punta Arenas y la Isla Rey Jorge separadas por 1.070 Km.



Avión DHC-6 "Twin Otter" de dotación del Grupo de Exploración N°19.

Ese día, dos aviones Twin Otter pertenecientes al Grupo de Aviación N°6, inauguran la pista de aterrizaje ubicada en la Base Antártica Presidente Eduardo Frei Montalva. Este es el primer "aterrizaje" de aviones chilenos en el Continente Antártico, lo que constituyó el primer paso para la penetración de la Fuerza Aérea de Chile hacia el Polo Sur. El aeródromo Teniente Rodolfo Marsh Martin, se ubica en la península Fildes de la isla Rey Jorge en las Shetland del Sur.

El avión Bombardero Douglas B-26 "Invader".

Los aviones bombarderos Douglas B-26 "Invader", comenzaron a llegar a Chile, a partir de noviembre de 1954, la Fuerza Aérea de Chile (FACH) comenzó a recibir aviones bombarderos Douglas B-26 "Invader", que en número de 38 formaron parte del inventario institucional hasta ser retirados del servicio en 1973. Estos bimotores de gran poder de fuego fueron destinados al

Grupo de Aviación N° 8, unidad que al mando del Comandante de Grupo Carlos Guerraty V. se trasladaba desde Quintero hasta su nuevo emplazamiento en Cerro Moreno, Antofagasta.

En esa época, este grupo contaba solamente con los últimos tres North American B-25J "Mitchell" que estaban operativos, más algunos bimotores Beechcraft D-18S y AT-11.



El B-26 prestó invaluable servicios en tiempos de crisis y fue partícipe de hechos heroicos, como los del teniente John Wall H.; quien después de salir ileso de un aterrizaje de emergencia regresó en busca de su mecánico, falleciendo más tarde producto de graves quemaduras, o el caso del sargento Dionisio Fuentes O.; quien mantuvo bajo su control el bombardero N° 812 hasta que su piloto, que estaba inconsciente después de ser golpeado por la carlinga, logró aterrizar sin novedad, siendo ambos episodios actos de gran valentía que glorifican nuestra historia aeronáutica nacional.

El Museo Nacional Aeronáutico y del Espacio (MNAE) posee dentro de su colección de aeronaves, un ejemplar de este legendario bombardero, aparato que arribó a nuestro país formando parte de la tercera partida recibida en el año 1958.



En la actualidad, este avión declarado Monumento Histórico a partir de 2002, se presenta con sus modificaciones efectuadas durante el programa "Gun Nose" implementado los años 1966-68. Estas actualizaciones consistieron, entre otras, en el retiro de ambas torrecillas defensivas y el cambio de su nariz de plexiglás por una artillada con seis ametralladoras calibre 50.

También, se instaló nuevo equipamiento VOR de ayuda a la navegación, nuevos horizontes artificiales, un nuevo compás, además de montar los sistemas eléctricos para accionar el nuevo armamento incorporado en la nariz.



Adaptación efectuada por VVC de antecedentes de fuentes abiertas, internet, historia FACH, MNAE DG

Efemérides de marzo

En el mes de marzo, se cumplen 95 años desde la promulgación del D.S.N° 1.167 del 21 de marzo de 1930, gracias a la visión de unos soñadores que se atrevieron a mirar el futuro. Por tal motivo, conmemoramos el “Mes del Aire y el espacio”.

En esta edición mostraremos el avión AT-6 “Texan North American”.

07 de marzo de 1913. Primer vuelo militar en Chile.

El 12 de marzo de 1913, se efectuó el primer vuelo militar oficial llevado a cabo en nuestro país. Ese día y una vez terminado el armado del aeroplano Bleriot XI de 50 HP., bautizado como “Manuel Rodríguez”, se dispuso la realización de un acto oficial en el naciente Aeródromo de Lo Espejo, oportunidad en la cual el Capitán Manuel Ávalos Prado realizó el Primer vuelo militar oficial.



Días antes, el 07 de marzo, el Capitán Ávalos había realizado un vuelo de ensayo, pero en privado, esta vez a bordo de un monoplano Bleriot Escuela con motor Anzani de 35 HP. bautizado como “Chile”, quedando como el primer vuelo militar en Chile.

09 de marzo de 1914. Primer piloto desaparecido en Chile.

El 9 de marzo de 1914, el teniente 2° Alejandro Bello Silva despegó en un biplano Sánchez Besa bautizado “Manuel Rodríguez”, para efectuar un raid reglamentario de navegación aérea, con la finalidad de acceder a su título de piloto militar.

La prueba consistía en realizar el circuito Lo Espejo-Culitrín-Cartagena-Lo Espejo, en la zona central de Chile, vuelo considerado de dificultad menor.

Las condiciones meteorológicas del día elegido, eran desfavorables, el teniente Bello desistió de su vuelo y regreso al aeródromo de Lo Espejo, dañando su avión en el aterrizaje.

En un segundo intento y con condiciones meteorológicas más favorable, el Teniente Bello despegó en su avión Sánchez Besa con rumbo a Culitrín, lugar en el cual almorzó y esperó que bajara la intensidad del viento. Ya llegada la tarde, continuo con su planificación, esta vez rumbo a la zona de Cartagena, encontrándose en la ruta en medio de una persistente bruma, perdiéndose todo rastro de él.



Al día siguiente, se ordenó con urgencia su búsqueda por aire y también por mar con ayuda de la Armada. Con fecha 29 de marzo, se da termino a la búsqueda y es dado por desaparecido, se llevó a efecto en su honor una ceremonia fúnebre en el patio de la Escuela Militar.

21 de marzo de 1930. Unificación de los servicios aéreos del Ejército y Marina.

Mediante el D.S. N° 1.167, del 21 de marzo de 1930, se unifican los servicios aéreos del Ejército y Marina. La unificación de estos servicios aéreos, fue clave para conectar e integrar la totalidad de nuestro territorio nacional.

Este año, la Fuerza Aérea de Chile, conmemora 94 años de su creación como rama de la defensa nacional, Institución que aporta con sus medios humanos y materiales a la defensa y el desarrollo del país.

Fue el Presidente Carlos Ibáñez del Campo, el impulsor del proyecto del Comandante Merino Benítez, que mediante D.S. unifica los Servicios de Aviación del Ejército y la Armada de Chile y crea la Subsecretaria de Aviación, para luego en 1937 dar paso a su actual nombre “Fuerza Aérea de Chile”.

La visión del Comodoro Arturo Merino Benítez lo consagra como el prócer de la aeronáutica nacional, principal impulsor de la aviación chilena y fundador de la Institución y del sistema aeronáutico nacional. Gracias a su visión de futuro se empeñó en unir a Chile por los “caminos del aire”, tarea indispensable para el desarrollo y el destino del país.



El proyecto del Comandante Merino tendría que vencer muchas trabas, de índole militar, jurídico y administrativo. Las primeras podía resolverlas Merino, con el apoyo del Presidente Ibáñez y el Ministro de Guerra. Los aspectos administrativos fueron encargados por el Presidente Ibáñez a su Ministro del Interior, don David Hermosilla, abogado especialista en Derecho Administrativo, el que se convertiría en la pieza fundamental en los aspectos jurídicos que rodearon la creación de la Subsecretaria de Aviación.

Los sueños y sacrificios de los pioneros de la aviación militar, fueron la base de una historia, que se empezó a escribir con los hitos gloriosos como el primer vuelo militar del Capitán Manuel Ávalos, el 7 de marzo de ese 1913; el cruce de Los Andes del Teniente Dagoberto Godoy en 1918, y el raid a Brasil del Capitán Diego Aracena en 1922, entre otras hazañas.

La creación de la Fuerza Aérea de Chile, no se trató solamente de una nueva arma para la defensa, sino de una Institución pensada, desde su génesis, para el doble propósito de defender la soberanía nacional y de contribuir al desarrollo nacional a través de la conectividad e integración del país.

Con el tiempo, se logró llegar a Rapa Nui, isla a la que anualmente se acude con equipos de salud para apoyar al hospital de Hanga Roa y también, con el traslado de estudiantes y evacuaciones aeromédicas. Además, nos introducimos en la profundidad del territorio antártico chileno, explorando y manteniendo soberanía en este territorio. Hoy, la Base Aérea Antártica Presidente Eduardo Frei, es el punto de entrada al continente blanco.

En estos 93 años de existencia, hemos realizado innumerables operaciones en apoyo a la comunidad, tales como: puentes aéreos, permitiendo mantener las líneas de comunicaciones, la entrega de ayuda a miles de chilenos frente a los grandes cataclismos, apoyo a la actual pandemia del COVID 19, apoyos a los incendios, traslados de brigadistas, y muchas otras que llevan auxilio a quienes más lo requieren.

En cada una de estas tareas, los integrantes de la Institución han demostrado su vocación de servicio y permanente entrega para cumplir la misión encomendada. De esta manera, la Fuerza Aérea se enfrenta día a día a los desafíos que le impone el presente y el futuro, sus mujeres y hombres lo hacen demostrando un gran espíritu de servicio público y con un gran amor a la Patria.

28 de marzo de 1930. Creación de la Dirección General de Aeronáutica Civil.

La DGAC fue creada el 28 de marzo de 1930, por el Comodoro Arturo Merino Benítez, cimentando así el actual Sistema Aeronáutico Nacional.

Mediante los DSN° 1312-1313, se creó la Dirección de Aeronáutica, como una Unidad dependiente de la naciente Subsecretaría de Aviación y se le asignaron funciones ligadas a la regulación de las actividades de la aeronáutica civil.

En la etapa de su desarrollo y crecimiento, la Institución se integró al concierto aeronáutico internacional, firmando el año 1944, el documento que dio vida a la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), pasando a formar parte de esta importante entidad que norma los destinos de la aviación civil a nivel mundial.

Así, surge esta Institución con la misión de normar y fiscalizar la actividad aérea que se desarrolla dentro del espacio aéreo controlado por Chile y además las que ejecutan usuarios nacionales en el extranjero.

El avión AT-6 “Texan North American”.

El AT-6, designado T-6 por la USAF a partir de 1948 y SNJ en los ejemplares adquiridos por la US Navy. Es un avión de entrenamiento de segundo nivel, (tercer nivel en las FF.AA norteamericanas) conocido como “Texan” en USA y países bajo su influencia, o “Harvard” en las Fuerzas Aéreas del Imperio Británico. Se fabricaron alrededor de 16.000 ejemplares entre 1938 y 1945 y fue empleado por todos los países aliados durante la 2ª Guerra Mundial. En la post guerra continuó en servicio en numerosos países en Europa, Latinoamérica y Asia como entrenador y en la función de avión de ataque en numerosos conflictos, revoluciones y lucha antiguerrillas.

En la Fuerza Aérea de Chile estuvo en servicio desde 1941 a 1976. Incluso la Luftwaffe durante el conflicto mundial, lo empleo en su función básica, al haber capturado una cantidad importante de unidades al caer Francia en 1940.



Avión North American T-6 N° 285, preservado en el Museo Aeronáutico.

En nuestro país aparte de su tarea primaria como entrenador avanzado, fue empleado como avión de enlace y avión de observación y ataque durante la década del cuarenta al no haber aviones de combate disponibles hasta 1944.

La llegada de una partida de doce monomotores de instrucción avanzada del tipo N.A. 44, significó un gran avance tecnológico respecto de las aeronaves en servicio, dejando como excepción los versátiles bombarderos Junkers JU-86 y los eficientes aviones de asalto Breda Ba-65, que si bien eran considerados modernos, sus operaciones estaban restringidas notoriamente por falta de repuestos.



Estos nuevos aviones N.A.44 fueron desplegados en diversas unidades operativas del país, tales como; Grupo N° 4, Escuela de Aviación, Grupo N° 6, Grupo de Transporte N° 1 (luego Grupo N° 10 de transporte), Escuadrilla del Comando en Jefe (y sus otras designaciones), Grupo N° 5, Grupo N° 9 de caza (Magallanes) y la Escuela Táctica en Iquique, donde un único ejemplar de este tipo, pero con la matrícula 271 (ex 202) estuvo operativo durante algunos meses, hasta ser retirado del servicio a fines de 1957.

El T-6 era propulsado por un motor Pratt and Whitney R-1340-AN-1, (T-6D y G), motor radial de 600 hp. a 2.250 rpm al nivel del mar, de 9 cilindros dispuestos en estrella en una sola fila y con un peso de 408 kg. El motor está equipado con un carburador de flotador y para su puesta en marcha utiliza un motor de partida combinado de inercia y enganche directo.

En el año 1976, existían dos aviones AT-6 en vuelo en Ala N°4 y correspondían a los numerados N° 282 y 294. En tanto que los aviones N° 269 y 297, ambos fuera de vuelo. El Informe de la programación anual del Comando de Combate para 1976, para el caso de los AT-6, se programaron 10 horas de vuelo.

Posteriormente, el 16 de septiembre de 1976 se procede a la baja de los AT-6 N° 282 y 294. Terminando así, su servicio en la FACH.

Adaptación efectuada por VVC de antecedentes de fuentes abiertas, internet, historia FACH, MNAE DGAC, Danilo Villarroel.

Efemérides de abril

Para la aviación nacional, es un mes de hitos importantes como: el doble cruce de la Cordillera de Los Andes, la llegada del primer avión a reacción a la Fuerza Aérea de Chile, como también, la partida de uno de los impulsores de la aviación civil, la inauguración del monumento a los mártires de la aviación, entre otros acontecimientos.

En esta oportunidad, mostraremos el avión Beechcraft B-99A.

05.Abril.1919. Doble cruce de la Cordillera de Los Andes.

El Teniente 1° de Ejercito Armando Cortínez Mujica, sin permiso del alto mando, en un Bristol M-1C, realiza el primer doble cruce de la Cordillera de Los Andes en aeroplano, llevada a cabo el 5 de abril de 1919.

Numerosas hazañas fueron realizadas a principios del siglo pasado; el cruce en vuelo del Canal de la Mancha por Luis Bleriot en 1909 o el cruce de Los Alpes por Jorge Chávez en 1910, son algunas de ellas.

El volar sobre la Cordillera de Los Andes, en esa época, fue un desafío, que en particular motivó a pilotos chilenos y argentinos, estimulados por un premio ofrecido por ambos gobiernos en 1913.

Algunos meses atrás, en diciembre de 1918, el Teniente 1° Dagoberto Godoy F., cruzó por primera vez el macizo cordillerano por su parte más alta, en un caza Bristol M1C, trayendo la gloria a nuestra patria por la proeza lograda.



Teniente 1° de Ejercito Armando Cortínez Mujica.

La hazaña de Godoy, llevó al Teniente 1° Armando Cortínez M., a planear en secreto un doble cruce del macizo andino y de paso, llevar un saludo al pueblo hermano al conmemorarse un nuevo aniversario de la Batalla de Maipú.

Como resultado de este plan, en la madrugada del 5 de abril de 1919, Cortínez, sin el conocimiento de sus superiores, cruzó la Cordillera de Los Andes en un monomotor Bristol M1C de 110 Hp., aterrizando con ciertos daños a las 8 de la mañana en el Departamento de Tupungato, Provincia de Mendoza.

En vista de la carencia de fondos para hacer retornar el avión vía ferrocarril, el Gobierno de Chile envió repuestos y un mecánico a Mendoza, para así reparar el avión e intentar el retorno por aire.

El vuelo de regreso se efectuó el 16 de abril desde la Estancia Lo Silva hasta el Aeródromo de El bosque, donde lo esperaban con gran júbilo sus camaradas, superiores y la ciudadanía.

Por su hazaña y el clamor popular, Cortínez obtuvo el perdón por su indisciplina, pasando a la historia de la aeronáutica militar chilena por ser el primer piloto en cruzar la cordillera de Los Andes de ida y de vuelta.

13.Abril.1913. Fallece el primer mártir de la Aviación Civil Chilena, el piloto aviador Luis Alberto Acevedo.

El primer mártir de la aviación civil chilena, fue el piloto aviador Luis Alberto Acevedo Acevedo, quien fallece a la edad de 28 años.

El piloto aviador Acevedo se estrella volando un Blériot XI, en una pequeña isla del río Bío Bío. Acevedo, decidió ir a estudiar aviación a Francia en 1911, uniéndose a los cursos de vuelo impartidos en la Escuela Blériot, con sede en París. Para concretar su sueño, recibió el apoyo económico de su madre y por el futuro aviador Clodomiro Figueroa Ponce. El 7 de marzo de 1912 Acevedo regresó a Chile con un monoplano Blériot XI, motor Gnome de 50 hp. y un mecánico, el francés Pierre Coemme.

La Sociedad Chilena de Aviación se propuso realizar vuelos de exhibición en Santiago, Acevedo y Coemme, comienzan el armado del Blériot XI en el Parque Cousiño, donde planificaron efectuar los vuelos. El primer vuelo fue ante la prensa, el 17 de abril de 1912 en el mencionado parque, en donde el Blériot XI piloteado por Acevedo, capotó poco después de despegar. Tras el accidente, se tuvo que posponer la exhibición a todo el público, planificado para el 21 de abril. Este nuevo vuelo fue realizado el 11 de mayo de 1912 en el Club Hípico. Sin embargo, Acevedo volvería a estrellarse en dicha exhibición. En julio de ese año, el Blériot XI capotó por tercera vez, ahora en Antofagasta, y terminó por destruirse el 24 de noviembre en el Hipódromo Chile.

Tras la seguidilla de accidentes, al piloto aviador Acevedo se le regaló un nuevo Blériot XI, en el cual intentó realizar sus primeros vuelos de largo trayecto.



Luis Alberto Acevedo y su mecánico Georges Coemme frente a un avión Bleriot XI.

El primero fue la prueba entre Concepción y Talca, el cual logró con éxito el 22 de marzo de 1913, donde batió el récord latinoamericano de altura y velocidad, pues se elevó hasta los 3.180 mts. y tuvo un promedio de 170 kts./hora.

La segunda prueba, entre Concepción y Santiago, con la que Acevedo quería acallar los comentarios que lo desprestigiaban, no tuvo el mismo resultado; el 13 de abril de 1913, Acevedo

falleció tras estrellarse en el río Biobío, en el sector de San Pedro, al sur de Concepción, frente al numeroso público que esperaba su hazaña. Sus funerales se realizaron el 15 de abril de ese año en Santiago.

15.Abril.1947. Se inaugura el monumento a los Mártires.

El proyecto del Monumento a los Mártires de la Aviación Militar Chilena, se inició en 1914, tras la muerte del Teniente Mery y posteriormente, la desaparición del Teniente Bello. Una vez terminado el proyecto, fueron muriendo otros militares aviadores en el ejercicio de sus obligaciones, como el Sargento Menadier, los Tenientes Ponce, Berguño y Luco. A todos ellos está dedicado el monumento, terminado en 1916, e inaugurado en 1917 en los terrenos de la actual Escuela de Aviación "Capitán Manuel Ávalos Prado", con la presencia del Presidente Juan Luis Sanfuentes y que tuvo una gran repercusión en los medios de comunicación.



Monumento a los mártires de la aviación.

El monumento se compone de una escultura de bronce de 800 kilos que representa a un cóndor, realizada por Rómulo Tonti y fundida en la Escuela de Artes y Oficios de Santiago. Un monolito de estructura troncocónica en hormigón armado sobre basamento de planta cuadrada diseñado por el ingeniero Adalberto Rojas. Actualmente, el monumento es el centro simbólico del Día de los Mártires, que se celebra cada 1º de noviembre. Su permanencia en la Escuela de Aviación "Capitán Manuel Ávalos Prado" desde su inauguración en 1917, ha creado un importante sentimiento identitario entre todas las promociones egresadas.

El Consejo de Monumentos Nacionales, aprobó por la unanimidad de los presentes en su sesión ordinaria de 12 de abril de 2017, la declaratoria como Monumento Nacional en la categoría de Monumento Histórico.

El avión Beechcraft B-99A.

El Beechcraft Model 99 es un avión que fue fabricado por la compañía estadounidense Beech Aircraft Corporation. También se le conoce como Beech 99 Airliner o Commuter 99. Se trata de un bimotor no presurizado motorizado por turbopropulsores, con capacidad para 15 pasajeros. Derivado del Beechcraft King Air y Beechcraft Queen Air, utiliza los motores del primero y las alas del segundo, además de los subsistemas de ambos y una estructura de morro única para el Model 99.



Diseñado en los años 60 como sustituto del Beechcraft Modelo 18, voló por primera vez en julio de 1966. A pesar del fracaso del Twin Quad, Beechcraft continuó su interés por el desarrollo del mercado de tercer nivel, donde se mantuvo presente desde el final de la Segunda Guerra Mundial gracias al Beech 18. A principios de 1960, el mercado parecía ofrecer perspectivas más interesantes y la oficina de estudios de Wichita comenzó el desarrollo de una aeronave especialmente diseñada para los servicios de líneas regulares de baja densidad. Comenzaron por el alargamiento del fuselaje de un Queen Air para definir la mejor configuración posible. Este ejemplar voló por primera vez en diciembre de 1965.

Tradicionalmente reconocido como el avión de entrenamiento de vuelo por instrumentos, el Beechcraft 99A Airliner, es la solución más especializada de ésta importantísima disciplina aeronáutica.

En 1955 la Fuerza Aérea reglamenta las actividades de Vuelo Instrumental y aunque establece una Tarjeta de Vuelo por Instrumentos para los Pilotos, no es de carácter obligatorio y dura un año. Todo cambiará en 1961, cuando la Dirección General de Aeronáutica Civil, instala el primer VOR, generando un desarrollo explosivo, con la activa participación del Servicio Aerofotogramétrico (SAF), el cual edita las primeras cartas de aerovías y de aproximación instrumental, llegan a tal grado los avances, que sitúan a Chile como uno de los más avanzados en esa materia en el ámbito americano.

ESCUELA DE VUELO POR INSTRUMENTOS.

Diversos estudios concluyen en la elección de la aeronave para tal efecto, la cual debía ser acondicionada conforme a los requerimientos chilenos; eligiéndose el Beechcraft 99A Airliner.

Los 99A, como serían más comúnmente conocidos, se modificaron esencialmente en la disposición de los paneles de instrumentos, siendo dotado de uno convencional y otro acotado al vuelo instrumental con lo más avanzado del momento. Estructuralmente se dota la cabina de cuatro asientos para Instructores y Alumnos en función y el resto de la provisión de asientos, queda destinada a Alumnos Observadores. En esa configuración son adquiridos 9 aviones, los cuales serán destinados al Grupo de Aviación N° 11, el cual fue reactivado para tal efecto en 1969, en la Base Aérea de Quintero, la cual se conocería por una década como la Cuna del Vuelo Instrumental. La incorporación de los A99 significó un enorme avance en el entrenamiento de tripulaciones en las técnicas del Vuelo Instrumental, operando desde la Base Aérea de Quintero, aumentando notablemente la cantidad de Instructores de Vuelo por Instrumentos (I.V.I.). Los últimos aviones de este tipo de servicio fueron dados de baja por la Fuerza Aérea Chilena en 2010.

Adaptación efectuada por VVC de antecedentes de fuentes abiertas, internet, historia FACH, Tallyho.

Efemérides de mayo

Dentro de los eventos importantes del mes de mayo de la aeronáutica nacional, podemos mencionar la Fundación del Club Aéreo de Chile, actual Club Aéreo de Santiago, el ingreso de los primeros alumnos a la Escuela de Aviación Capitán Ávalos, el primer vuelo ante el público en Chile, en el Club Hípico, el primer vuelo de un helicóptero en Chile, el mayor puente aéreo a la zona sur del Chile, producto del terremoto y tsunami que afectó a Valdivia y ciudades aledañas.

En esta oportunidad mostraremos el avión CASA 212 AVIOCAR.

5 de mayo de 1928. Fundación del Club Aéreo de Chile.

El 5 de mayo recordamos la creación del Club Aéreo de Chile, actual Club Aéreo de Santiago en 1928. Esta institución se creó bajo la presidencia del entonces Comandante Don Arturo Merino Benítez y comenzó sus actividades en la Base Aérea "El Bosque", con un avión biplano Cirrus Moth facilitado por la aviación militar, con el cual se inició el primer curso regular de vuelo el día 11 de mayo de 1929.



Primer directorio del Club Aéreo de Chile.

El 28 de septiembre de 1930, el Club Aéreo de Chile contó con sede propia en el Aeropuerto "Los Cerrillos", gracias a la donación realizada al Gobierno de Carlos Ibáñez del Campo, por el filántropo Daniel Guggenheim, con el propósito de fomentar el desarrollo de la aviación civil en nuestro país.

El año 1950, llegó a la presidencia del Club el Sr. Eulogio Sánchez Errázuriz, hombre visionario y amante de la aviación, quien, con su fuerte voluntad creadora, hizo posible el traslado del Club Aéreo de Chile a sus dependencias actuales en el Aeródromo Tobalaba, que hoy lleva su nombre.

Con el traslado a Tobalaba, se cerró una etapa más en la vida del Club y se inició la no menos difícil de guardar y acrecentar el patrimonio recibido a través del esfuerzo de tantos hombres valientes y visionarios.

El Club Aéreo de Santiago, institución pionera de la aviación civil de nuestro país, durante principios de los años 60, se vio en la necesidad de renovar su flota del área básica y media, los cuales en su mayoría eran de tren de aterrizaje triciclo, convencional y fuselaje entelado. El directorio de la época, realizaron gestiones con el Gobierno de aquel entonces para obtener un ítem especial dentro del presupuesto de la Nación, para la compra de nuevo material de vuelo. Fue así, como se pudieron adquirir en Estados Unidos doce aeronaves de ala baja e íntegramente metálicas marca Piper, modelo Cherokee.

El 11 de febrero de 1983, se caracterizó por ser el día en que se escribió una nueva página en la historia de la aeronáutica civil chilena. Esto debido a que, por primera vez, una institución aérea no militar, aterrizaba en territorio Antártico chileno.

Actualmente, el Club Aéreo de Santiago, continúa manteniendo el espíritu de quien fuera el creador del Club Aéreo de Chile, Comodoro Arturo Merino Benítez, que es la formación de pilotos civiles para Chile.

10 de mayo de 1942. Ingresan los primeros Cadetes a la Escuela de Aviación “Capitán Ávalos”.

Un día 10 de mayo de 1942, ingresaban a la Escuela de Aviación, los primeros cadetes reclutados desde la vida civil. De esta manera se iniciaba la formación de los Oficiales de la Fuerza Aérea de Chile. Así también, la Escuela de Especialidades recibe a los primeros alumnos provenientes desde la civilidad. Ambos hechos marcaron un especial hito en la vida de la Fuerza Aérea como institución independiente de la Defensa Nacional. Es necesario recordar que hasta esa fecha todos los oficiales de la Fuerza Aérea provenían de los egresados de las escuelas formadoras del Ejército y de la Armada.



Cadetes forman en tenida de salida con capote y espadín.



Cadetes al finalizar una marcha en la cumbre del cerro Chena, junto al Teniente 2º Emilio Schönherr.



César Topali Bruckmoser, primer cadete que voló solo en la historia de la Escuela de Aviación.



Cadete Jorge Pérez Sazé en tenida de vuelo.

En aquel año 1942, postularon 140 jóvenes, de los cuales fueron seleccionados 79 cadetes. Solo 74 fueron seleccionados a la rama aire, 1 a la rama terrestre y 4 a la rama administrativa. Se iniciaba el vuelo con el Fairchild PT-19 Cornell, continuando con el BT-13 Vultee y finalizando con el North American T-6 Texan. Cumpliendo con todas las etapas al término del último curso de T-6 Texan, el Sub-Alférez obtenía sus alas de piloto de guerra.

Muchos jóvenes han ingresado a la Escuela de Aviación, no todos han egresado como oficiales, sin duda el paso por dicha escuela los ha unido en torno a la aviación y los valores que se imparten en ella.

21 de mayo de 1960. Inicio del mayor puente aéreo a la zona sur del Chile.



En la mañana del 21 de mayo de 1960, se produjo en nuestro país un terremoto, con epicentro en la península de Arauco, al sur de Concepción. Al día siguiente, se sucedieron 2 terremotos más, casi simultáneos, el primero en la provincia de Chiloé y el segundo en la zona de Valdivia, de casi 9 grados en la escala de Richter, siendo este el sismo de mayor magnitud del que se tenga registro en la historia.

La Fuerza Aérea desplegó rápidamente medios aéreos y una de las primeras actividades realizadas, fue el reconocimiento aéreo. En ese contexto de destrucción y desaliento, la ayuda aérea era la que más rápidamente se podía enviar a la zona.



Transporte Douglas C-47 de la Fuerza Aérea de Chile en auxilio de las víctimas del terremoto de 1960.

El día 22 de mayo, se enviaron los primeros aviones C-47 Skytrain y descargaron su ayuda en Hualpencillo (Concepción). Fue el punto de partida del gran puente aéreo en el sur del país, prueba de fuego para la Fuerza Aérea de Chile. Por su parte, las Empresas Aéreas extranjeras y nacionales, se sumaron al apoyo de la catástrofe y del país.

Entre el 21 de mayo y el 13 de julio de 1960 en que se ejecutó el Puente Aéreo, se realizaron 956 vuelos de ayuda; 489 fueron realizados por la Fuerza Aérea de Chile, permitiendo evacuar a 8.515 personas, de ellos 2.136 niños y transportar hacia el sur más de 3.178.304 libras de carga, de las cuales la F.A.CH. trasladó 459.743 libras, totalizando 5.736 horas de vuelo en toda la operación.

Este esfuerzo humano y material, confirmó lo frágil que era el sistema aeroportuario nacional; en la mayor parte de los aeródromos no permitían las operaciones de aviones de transporte

pesado. La falta de radares, radioayudas y equipos de navegación aérea, impidieron operaciones con meteorología adversa.

El avión CASA 212 AVIOCAR.

Bajo el mando del General del Aire, Don Ramon Vega Hidalgo, la Fuerza Aérea de Chile fue la última de las ramas de la defensa en incorporar aeronaves CASA 212 a su inventario. Entre enero y marzo del año 1994, una comisión de pilotos y mecánicos, se dirigieron a la Empresa CASA en Sevilla, España, para realizar cursos de vuelo y mantenimiento de las aeronaves. Las tripulaciones estaban compuestas por pilotos y mecánicos de la Ia. y IIIa. Brigada Aérea.

Una vez terminada la capacitación de las tripulaciones de vuelo por espacio de 3 meses, los aviones se trasladan vía aérea a Santiago y posteriormente a Puerto Montt. El itinerario del vuelo de regreso desde Sevilla en el mes de marzo de 1994, fue el siguiente: Sevilla (España), Glasgow (Escocia), Reikiavik (Islandia), Narsasuaq (Groenlandia), Main (USA), Norfolk (USA), Miami (USA), Panamá, Lima (Perú), Iquique, Santiago y Puerto Montt.



Las dos primeras aeronaves correspondían a la serie 200, números FACH 960 y 961, las que, en un corto tiempo operando en Puerto Montt, fueron reasignadas al Grupo de Aviación N° 2 en la Ia. Brigada Aérea en Iquique.

Estas aeronaves rápidamente se fueron ambientando a las cálidas temperaturas y al altiplano nortino de la zona, desempeñándose en operaciones de apoyo al combate, en apoyo a la comunidad sobre el continente y en las alturas del altiplano nacional.

En Julio del año 1994, se suman dos aviones de la serie 300, números FACH 965 y 966, siendo destinados al Grupo de Aviación N° 5 de la IIIa. Brigada Aérea en Puerto Montt.

En el caso de los aviones casa 212 serie 300, cumplieron diversas misiones en apoyo a la comunidad en la zona norte, centro, sur y austral del país, apoyo a las autoridades de gobierno, como giras presidenciales, traslado de estudiantes a la Isla Juan Fernández, apoyo de Traslado de los aviones T-35 Pillan a República Dominicana en 2 oportunidades, evacuaciones aeromédicas y otros apoyos.

En estas operaciones, podemos mencionar la evacuación aeromédica en el Avión CASA 212 serie 300 a las Islas Malvinas de un tripulante chileno accidentado en un buque factoría que navegaba en aguas del Océano Atlántico en faenas de pesca.

El día 26 de abril de 1999, el avión C212 despegó desde Balmaceda rumbo a las Islas Malvinas, con 05 horas 30 minutos de vuelo en ruta directa a la pista de "Las Malvinas". El vuelo de regreso fue Malvinas a Bariloche, con escala técnica en Bariloche, dispuesta por el Gobierno argentino y posterior vuelo a Puerto Montt.

El desempeño en la zona sur no fue del todo satisfactorio, esencialmente por la tendencia a la formación de hielo en la parte inferior del fuselaje y bajo las alas, dadas las características aerodinámicas del modelo.

Los aviones Casa 212 serie 300 fueron redestinados al Grupo de Aviación Nº 8, donde formaban parte de la dotación de transporte, junto a los primeros Bell 412.

La fuerza Aérea de Chile cedió al Ejército de Chile, Brigada de Aviación (BAVE), a inicios del mes de diciembre de 2024, tres CASA C-212 del inventario de la Institución.

Adaptación efectuada por VVC de antecedentes de fuentes abiertas, internet, historia FACH, Tallyho.

Efemérides de junio

La invasión del Día “D” en Normandía, Francia, el 6 de junio de 1944, marcó el inicio de la Operación Overlord, nombre clave de esta invasión. La campaña de Normandía demostró ser una de las operaciones militares más importantes de los aliados en la Segunda Guerra Mundial. Además de este acontecimiento, citamos a la primera mujer en viajar al espacio la Cosmonauta Valentina Tereshkova, marcan entre otros hechos destacables sucedidos en el mes de junio, en la aviación mundial y nacional.

En estas efemérides mostraremos el avión Camberra PR-9.

07.Junio.1936. Raid Punta Arenas – Puerto Montt – Santiago -Buenos Aires – Punta Arenas, por el aviador civil Franco Bianco.



Aviador Franco Bianco.

En 1936, se escribió una nueva página en la historia de la aeronáutica nacional. Por primera vez, se realizó un raid desde Punta Arenas a Puerto Montt y luego a Santiago, para desde allí cruzar a Buenos Aires, Argentina y regresar a la zona austral por la Patagonia, liderado por el aviador civil Franco Bianco, oriundo de la zona de Magallanes.

El histórico vuelo se realizó en un avión Miles Hawk Major, de 130 caballos de fuerza, bautizado como “Saturno” y que actualmente forma parte de la colección permanente de aeronaves del Museo Nacional Aeronáutico y del Espacio de la DGAC y que fue declarado monumento nacional.

Franco Bianco realizó la gran proeza en vuelo directo sin acompañante, travesía que logró en 9 horas y 45 minutos, en su avión “Saturno”.

El “Saturno” había despegado desde la Base Aérea de Bahía Catalina a las 07:30 de esa mañana del 07 junio, donde fue despedido por los jefes de la aviación local y amigos. El avión Miles Hawk Major, era un monoplano de ala baja, que podía desarrollar velocidad crucero de 190 a 210 km. por hora y una velocidad máxima de 240 Km. por hora La ruta a realizar entre Punta Arenas y Puerto Montt, era de unos 1.600 kilómetros, por lo cual, fue equipado con estanques suplementarios de combustibles en el espacio destinado al copiloto, con un total de 340 litros que le permitirían 12 horas de vuelo.

16.Junio.1964. Se crea la Escuela Técnica Aeronáutica de Chile.

La Escuela Técnica Aeronáutica (ETA), centro de educación superior de excelencia, en el ámbito de la aviación civil, dependiente de la Dirección General de Aeronáutica Civil, cumple 60 años de vida.

Sus orígenes se remontan al 25 de mayo de 1958, con la creación del Centro de Instrucción para los Servicios de Protección al Vuelo.

Sin embargo, con la promulgación del Decreto Supremo (Aviación) N° 200 del 16 de junio de 1964, oficialmente pasa a denominarse Escuela Técnica Aeronáutica, quedando esta fecha para conmemorar su aniversario.



Instalaciones en San Pablo.

Fue creada con la misión de formar, perfeccionar y capacitar a profesionales, técnicos y especialistas, en el ámbito aeronáutico requeridos por la institución, otorgando los títulos, diplomas u otros certificados que correspondan.

Uno de sus últimos logros, fue la obtención de la Acreditación de Nivel Avanzado por 5 años –marzo 2020/marzo 2025– en los ámbitos de Gestión Institucional y Docencia de Pregrado, realizado por la Comisión Nacional de Acreditación (CNA).

24.Junio.1916. Primer cruce en globo de la Cordillera de Los Andes.

En 1916, se realiza el primer cruce de la Cordillera de Los Andes en Globo, hecho efectuado por los pilotos argentinos Eduardo Bradley y el Capitán Ángel María Zuloaga, quien llegaría al grado de Brigadier General. El aparato sale desde el Patio San Borja de GASCO en Santiago rumbo Uspallata en la República Argentina.

A muy tempranas horas de la mañana del 24 de junio, se dio comienzo al inflado del globo de 2.200 metros cúbicos de capacidad, con el gas proveniente de la planta San Borja. Una vez que dicha faena quedó terminada y el globo debidamente preparado, subieron a la barquilla los aeronautas Bradley y Zuloaga, quienes, siendo las 8:30 Hrs., iniciaron el ascenso que los llevaría a completar su hazaña.



Globo libre "Eduardo Newbery".

27.junio.1914. Récord de altura por el aviador civil Francisco Fuentes Sosa.

El 27 de junio, Fuentes obtuvo el récord sudamericano al elevarse en su Bleriot a una altura de 3.150 metros sobre Concepción, durante este vuelo el entusiasta piloto estuvo acompañado por el Capitán de Corbeta Guillermo Vargas. Más tarde, el 8 de agosto de ese mismo año, Fuentes efectuó el primer vuelo civil nocturno sudamericano con pasajero entre Talcahuano y Concepción, oportunidad en que estuvo acompañado por el vecino porteño, Rafael Andrews. Inspirado de un gran espíritu patriótico, el 18 de septiembre de 1914 realizó el primer vuelo entre Concepción y Santiago (Paine) recorriendo 450 Km., en un tiempo de poco más de 5 horas, a un promedio de velocidad de 90 k/h, batiendo el récord sudamericano de distancia. Todos estos logros aeronáuticos, incluyendo años más tarde el cruce del Estrecho de Magallanes y el paso por el viaducto de Malleco, realizados en una época en que los aviones eran de madera y tela, lo que significó una gran contribución al desarrollo de nuestra Aeronáutica Nacional.

30.junio.1930 Integración de la Base Aeronaval de Quintero a la Fuerza Aérea Nacional.

A raíz de la unificación, la Armada de Chile cedió a la Fuerza Aérea Nacional, la Base Aeronaval de Quintero, que era el núcleo central de la aviación naval y que paso a denominarse Grupo mixto de Aviación N°2, de acuerdo a la idea matriz de contar con tres unidades de este tipo a lo largo del territorio nacional, numerados de acuerdo al orden geográfico de su ubicación.

Ya se contaba con el Grupo N°1 en Iquique y el Grupo N°3 en Temuco, no habiéndose podido concretar la activación del Grupo N°2 por las restricciones de recursos imperantes.

Por esta razón y aunque no calzaba exactamente con el concepto original de que la unidad tuviera capacidades de caza, reconocimiento y bombardeo, lo que le daba el carácter de mixto, se le otorgó esta denominación con la intención de dotarla de estas capacidades posteriormente, cuando lo permitieran las circunstancias, como efectivamente ocurrió años más tarde.



Así, sucedió con la Base Aeronaval de Quintero, que se traspasó con fecha 30 de junio de 1930, tomando la denominación de Grupo Mixto de Aviación N°2.

EL AVIÓN CANBERRA PR-9.

El avión Canberra es un bombardero a reacción de primera generación fabricado en grandes cantidades durante los años 1950. El avión estuvo en servicio en la Real Fuerza Aérea Británica hasta el 23 de junio de 2006, totalizando 57 años después de su primer vuelo.

El Canberra fue diseñado para dos tripulantes, ambos en una cabina similar a la de los cazas, pero debido a los retrasos en el desarrollo de una mira de bombardero automática se añadió una posición para el bombardero en el morro. La envergadura y longitud eran casi idénticas, algo menos de 20 m y el peso máximo al despegue en unas 25 toneladas.



La planta motriz estaba compuesta por dos turborreactores Rolls-Royce Avon de 30 kN.

El fuselaje del Canberra es del tipo monocasco con un compartimiento presurizado en el morro. El piloto utiliza un asiento eyectable Martin-Baker mientras que el NAV-Bomb depende de una escotilla y un paracaídas. El fuselaje contiene dos bahías para bombas con compuertas convencionales en forma de cuchara (en el B-57 Canberra se utilizaron compuertas rotatorias). Las alas son de armadura simple que atraviesa el fuselaje. En la zona externa a los bastidores de los motores, el borde de ataque tiene un ángulo de 4° mientras que el borde de salida de -14° .

Los controles son convencionales con alerones, flaps de cuatro secciones y aerofrenos en las superficies superiores e inferiores de las alas.

En total, 901 Canberras fueron fabricados por los diversos fabricantes de aeronaves con sede en el Reino Unido; cuando se combinaron con las operaciones de producción bajo licencia en el extranjero, la producción global total de los Canberras ascendió a un total de 1352 aeronaves. Con una velocidad máxima de 470 nudos (870 km/h; 540 mph), un techo de servicio estándar de 48.000 pies (14.600 m) y la capacidad de transportar una carga útil de 3,6 toneladas (7.900 lb), el Canberra demostró ser un éxito instantáneo en los mercados nacionales y de exportación. Se construyó en 27 versiones que equiparon un total de 35 escuadrones de la RAF y se exportó a más de 15 países: Australia, Argentina, Chile, Ecuador, Etiopía, Francia, India, Nueva Zelanda, Pakistán, Perú, Rodesia, Sudáfrica, Suecia, Venezuela y Alemania Occidental.

El PR-9 Canberra, Arribó desde Inglaterra en el año 1982 a la Fuerza Aérea de Chile para cumplir misiones en el Grupo de Aviación N° 2.

Las tripulaciones de pilotos y especialistas en mantenimiento y fotógrafos aéreos seleccionados de la FACH, fueron enviados al país de origen de las unidades para realizar los cursos respectivos.



Esta aeronave cumplió una vital labor prestando apoyo en misiones de reconocimiento, aerofotogrametría e inteligencia hasta el año 1994.

Adaptación efectuada por VVC, de antecedentes de fuentes abiertas, internet, historia FACH, Tallyho.

Efemérides de julio

En julio, se destacan varias efemérides aeronáuticas, incluyendo el primer vuelo del Boeing 307 Stratoliner con cabina presurizada el 8 de julio de 1940, el lanzamiento del satélite chileno FASAT-BRAVO el 10 de julio de 1998. Además, el 5 de julio de 1954, se trasladó el Club Aéreo de Chile a su nueva base en Tobalaba. Agregamos a estos hechos relevantes para la aeronáutica nacional, la llegada al país del Capitán de la RAF, Don Víctor H. Huston, quien fue contratado por el Ejército como asesor de asuntos aeronáuticos. El oficial entregó toda su experiencia en la formación de los nuevos pilotos nacionales.

En el mismo orden, hacen su aparición en la aviación, las pilotos mujeres, que, con muchas dificultades de orden cultural, se hacen camino en esta actividad. El aviador francés Marcel Paillete en 1912, realizaba vuelos sobre la ciudad de Viña del Mar acompañado de María de Richards, Francisca Joste y Rosina Sousa, suceso que fija el inicio de las mujeres en la aviación nacional.

No podemos dejar de mencionar, que el 26 de julio se conmemora el Día de la Mujer Piloto en Chile, en honor a Graciela Cooper Godoy, quien en 1930 se convirtió en la primera mujer chilena en obtener una licencia de piloto civil.

Este día se celebra el hito de Graciela Cooper, quien a sus 19 años obtuvo su licencia en el aeródromo Los Cerrillos, convirtiéndose en la quinta mujer en Latinoamérica en lograrlo. Su logro marcó un antes y un después en la historia de la aviación chilena, abriendo camino para que más mujeres se unieran a esta profesión.

La fecha se celebra cada año para recordar su valentía y determinación, así como para reconocer la importante labor de todas las mujeres piloto que han seguido sus pasos en las Fuerzas Armadas, la aviación comercial y la aviación deportiva.

Continuando con la presentación de aeronaves, en estas efemérides presentamos el avión "Lear Jet 35."

03.Julio.1919. Primer vuelo de un hidroavión en Chile.

En los principios de la aviación nacional, las actividades aéreas militares se realizaban en el Bosque, pero con la llegada de los hidroaviones ingleses, el 03 de julio las actividades aéreas se efectuaron en la bahía de Talcahuano. En esta zona se realizaron las pruebas del primer Hidroavión Sopwith Baby, de la partida de compensación del gobierno inglés. A este avión le cupo el honor de ser el primer hidroavión que voló en Chile. Por tal razón, autoridades de la aeronáutica nacional se trasladaron hasta Talcahuano para presenciar los vuelos.

Los vuelos fueron realizados por el Mayor Huston (grado otorgado por el Gobierno de Chile), el segundo por el Capitán Diego Aracena y un tercer vuelo por el teniente Manuel Francke. En esa ocasión se utilizaron dos hidroaviones, el N-2103 y el N-2104, siendo el hidroavión N-2104 el primer hidroavión que voló en Chile.

Durante este periodo de tiempo los aviones de origen inglés en ambos servicios fueron armados y volados conservando sus esquemas de pintura y decoraciones originales.

La cola con el tricolor en el orden inglés, de izquierda a derecha mostraba tres franjas verticales de igual ancho, azul blanco y rojo.

Así, los aviones que fueron armados a partir de 1919 conservaron sus distintivos originales para comenzar a cambiarlos al año siguiente. En julio de 1920 se normó el uso de escudos nacionales sobre y bajo las alas de dimensiones 0.75 y 0.45 cm. y la cola debía lucir el tricolor en orden de

izquierda a derecha de azul, blanco y rojo. Luego, en octubre del mismo año por Decreto 2816, se crea la piocha como distintivo para los pilotos.

El 03 de julio, el hidroavión N-2104 fue puesto en marcha y volado por el Mayor Huston a partir de las 9 de la mañana. Mientras tanto, el segundo vuelo fue realizado por Diego Aracena en el hidroavión N-2103. El Capitán Aracena no decepcionó a la numerosa audiencia, realizando hermosos giros sobre la bahía y amarizando en el mismo punto en que lo había hecho el Mayor Huston. Este acontecimiento es considerado como el primer vuelo de un Hidroavión en Chile, realizado por un piloto chileno, el Capitán Diego Aracena.

Esa mañana, gratamente sorprendidos, se mostraban el Coronel Pedro Pablo Dartnell y el Contraalmirante Fontaine, quienes se habían trasladado hasta el apostadero Naval de Talcahuano a presenciar las pruebas.



El Capitán Diego Aracena junto al Sopwith Baby en el que se realizó este primer vuelo.

04.Julio.1948. Primer cruce de la Cordillera de Los Andes, por pilotos mujeres chilenas.

En un avión Stinson voyager de 150 HP, dos mujeres chilenas, realizan el 4 de julio de 1948, un doble cruce Santiago-Mendoza- Santiago, en el mismo día. La obstinación de la mujer chilena, transformó a este binomio en las primeras aviadoras en cruzar la Cordillera de los Andes.



Ada Zerbi Marabini de Goycoolea y Dora Domínguez García Pulgar de Picó terminado el cruce.

Esta hazaña efectuada por esta tripulación de mujeres chilenas, se caracteriza además por realizar este vuelo por la parte más alta del macizo andino.

Las pilotos chilenas Ada Zerbi Marabini de Goycoolea y Dora Domínguez García Pulgar de Picó, realizaron el vuelo desde el actualmente desaparecido aeropuerto “Los Cerrillos” al aeropuerto de “Plumerillo” en Mendoza, Argentina y posteriormente de regreso en el mismo día, en su avión Stinson Voyager.

De la aviadora Dora Domínguez, de mayor trayectoria, podemos decir, que fue pionera de la aviación chilena y falleció en Santiago el año 1989 a los 79 años. Posteriormente, Dora Domínguez, que completó más de 3.000 horas de vuelo, hizo el mismo viaje sola. Durante toda su vida luchó, aunque sin éxito, para que las mujeres fueran admitidas como pilotos en vuelos comerciales.

26 Julio 1918. Se conforma la “Primera Compañía de Aviación Militar” con Guarnición en El Bosque.

El primer paso para la conformación de la Primera Compañía de Aviación se había tomado en el año 1917, con la promulgación de la Ley N° 3264, la cual autorizaba la creación de la Compañía de Aviación. El día 26 de septiembre de 1917, se procedió a asignar la dotación de: pilotos, mecánicos y material. Sin embargo, no se pudo conformar la nueva unidad al no estar considerada en el presupuesto de ese año (1917).

En esa condición siguió esta unidad hasta que el 26 de julio de 1918, por Decreto Supremo “G” N° 4867 pudo organizarse como unidad acantonada en la Guarnición El Bosque. Si bien había mucho entusiasmo por parte del personal asignado a esta nueva unidad, el material asignado por la Dirección de Ingenieros y Servicios de Comunicaciones Militares y que provenía de la Escuela de Aviación Militar, era casi obsoleto.

El primer Comandante de la Primera Compañía fue el Capitán Enrique Pérez Lavín, que también fue el primer piloto militar en Chile.



Integrantes de la Primera Compañía de Aviación.

Con término de la Primera Guerra Mundial, el gobierno británico a modo de compensar a Chile, entregó una docena de aviones Bristol M1C, bastante más modernos con motor más potente y con armamento incorporados.

El avión Lear Jet 35.



Los aviones Lear Jet 35 arribaron a nuestro país en 1976, gracias a un convenio firmado entre la Fuerza Aérea de Chile (FACH) y la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), con la finalidad de entregar cobertura aerofotogramétrica a todo Chile para fines productivos.

Este avión de características ejecutivas es una evolución natural del modelo Lear Jet 25. Sus motores están equipados con turboventiladores de Garrett, que permiten una emisión de ruidos baja y una economía de combustible.

Fabricado por la empresa estadounidense Lear Jet Corporation, Learjet fue adquirido por Bombardier Aviation en 1990 y ahora es una filial, por lo que el avión también se conoce como Bombardier Learjet 35. Utiliza un sistema de navegación inercial LTN 72. Tiene un techo máximo de operación de 31.000 pies y una velocidad de crucero de 220 nudos. Su capacidad varía entre 6 y 8 pasajeros. Los primeros Lear Jet 35 volaron en 1973 y en 1984; la Fuerza Aérea de Estados Unidos adquirió 84 de estos modelos para ser utilizados como aviones operacionales de apoyo y enlace.

Pese a que el Lear Jet 35 fue diseñado principalmente como jet ejecutivo para el mercado civil, sus características y maniobrabilidad lo han convertido en un excelente avión para uso militar. De hecho, en más de quince fuerzas aéreas alrededor del mundo poseen un número indeterminado de estos aviones, utilizados para labores de transporte, patrullaje, guerra electrónica y tareas de aerofotogrametría.

En el caso de la Fuerza Aérea de Chile, la institución compró en el año 1976 dos modelos nuevos, precisamente para realizar misiones de aerofotogrametría, aunque también, han cumplido roles de transporte de personal y traslado de órganos en caso de emergencias.

Ambos aviones, incluyen una modificación bajo el fuselaje para el montaje de cámaras y por décadas sirvieron en el Servicio Aerofotogramétrico asentado en la Base Aérea de Pudahuel.



Ficha técnica:

Motor: 2 turbofan Garret TFE731-2-2B, 3.500 libras de empuje.

Envergadura: 12.04 m.

Longitud: 14.83 m.

Altura: 3.73 m.

Peso vacío: 4.462 Kg.

Peso máximo: 8.301 Kg.

Velocidad máxima: 872 Km/h a 7.620 m.

Velocidad de crucero: 774 Km/h.

Autonomía: 4.239 Km con 4 pasajeros.

Techo de servicio: 13.715 m.

Capacidad de combustible: 3.524 lts.

Un Learjet 35A fue entregado en comodato a la DGAC y actualmente se exhibe en el MNAE. Estos aviones cumplieron más de 46 años de servicio.

Adaptación efectuada por VVC de antecedentes de fuentes abiertas, internet, historia FACH, Alas de Chile, MNAE DGAC, Tallyho.

Efemérides de agosto

En 1909 José Luis Sánchez Besa y Emilio Edwards Bello, se adelantaron a la época y serían los primeros chilenos que pilotaron un aeroplano en el mundo. El 21 de agosto de 1910, Cesar Copetta realizó el primer vuelo en Chile, en un aeroplano Voisin, en los terrenos que hoy corresponden al Parque Ramón Cruz en Ñuñoa, que en 1910 era la “Chacra Valparaíso”. Con estos hechos, nuestro país se encuentra dentro de los 10 países donde participó el aeroplano Voisin, efectuando los primeros vuelos en el mundo.

En esta oportunidad y siguiendo con la presentación de aeronaves de la Fuerza Aérea de Chile, mostraremos el “CESSNA 337/O2 SKY MASTER”, avión de dotación de la Escuadrilla SAR de Isla de Pascua.

21.agosto.1910. Primer vuelo de un avión en Chile.

La historia en torno a este vuelo comenzó unos años antes, cuando a mediados del año 1909, David Echeverría estando en Europa de viaje, pudo ver diversas aeronaves en vuelo lo cual era toda una novedad en esa época. La actividad lo entusiasma rápidamente, por lo que decide adquirir un avión y traerlo a Chile, con el fin de realizar demostraciones en el mes de septiembre de 1910, con motivo del centenario patrio. Don David, toma contacto con la fábrica Bonet y Cía en Francia, para comprar un Demoiselle que era construido por Santos Dumont, por un valor de 5.000 francos.

De vuelta en Chile, Echeverría dejó encargado a Vicente Sanfuentes el pago de saldos de dinero y el envío del avión. A principios de 1910, Sanfuentes le informa que la fábrica Bonet y Cía, había quebrado. En este escenario Echeverría comienza a ver opciones las cuales eran aviones Voisin o Farman. Con esa idea Echeverría entusiasma a un primo Miguel Covarrubias, para la adquisición del avión que sería un Voisin Celular con “cloisons” laterales.

El avión se encarga con un motor Gnome de 50 H.P. más repuestos. Se remitieron 31.000 francos para su adquisición. Es importante tener en cuenta que la fábrica Voisin para esas fechas ya no fabricaba el Voisin Celular, por cuanto la versión que se vendió a Echeverría sería un derivado de este.

Entretanto Echeverría, que era corredor de autos, le comenta a César Copetta quien tenía un taller mecánico, de sus intenciones con la aeronave que adquirió, captando la atención de Cesar Copetta, quien le propone ir él mismo a Francia y obtener su “brevet” (Licencia de piloto) necesario para poder volar el avión Voisin. Echeverría accede y Copetta viaja a Europa donde realiza el curso y retorna a Chile al cabo de unos meses.

La aeronave Voisin, adquirida por Echeverría, arriba al puerto de Valparaíso a inicios de 1910, donde es transportado por ferrocarril a Santiago, llegando a destino, el taller de los hermanos Copetta, ubicado en la calle Ejército.

El avión Voisin adquirido tiene varias diferencias respecto del modelo Celular, ya que posee alerones y carece de los planos verticales de las alas y empenaje. El motor es un Gnome Omega de 50 H.P. El 21 de agosto de 1910 ha quedado registrado en las páginas de nuestra historia aeronáutica como el día en que se efectuó el primer vuelo de un avión en Chile. Este singular hito se produjo en la entonces llamada chacra “Valparaíso” de la capital, lugar que corresponde actualmente al sector de las calles Ramón Cruz con Irrázaval, en la comuna de Ñuñoa.

El aparato utilizado para tan significativo evento y cuyos dueños eran David Echeverría Valdés y Miguel Covarrubias Valdés, fue un frágil aeroplano “Voisin” celular con motor Gnome de 50 hp. Ese día, Don César Copetta Brossio, ciudadano de origen francés avecindado en nuestro país, se elevó por primera vez en Chile en un avión, pasando a formar parte inicial de la lista de gloriosos aviadores que han dado prestigio a nuestra aviación nacional. También, ese mismo día hubo un segundo vuelo, en el cual participa David Echeverría, convirtiéndose en el primer vuelo con pasajeros.

Un tercer vuelo realizado tuvo consecuencias en el aterrizaje, el aeroplano toca el ala izquierda con el terreno, rompiéndose casi por completo, lo que significó no poder presentarse en las festividades por el centenario de la independencia.

Estos hechos constituyeron la apertura del desarrollo aeronáutico nacional, que en estos días se ha convertido en un sistema aeronáutico sólido y seguro, con indicadores positivos para el futuro.

César Copetta Brossio, falleció el 27 de octubre de 1940 en un accidente de aviación en Los Cerrillos, mientras probaba un aparato que el mismo había modificado.

En la búsqueda de un terreno libre para poder “probar” el avión, Echeverría solicita el permiso de Ramón Cruz, el cual se lleva a la ya mencionada “Chacra Valparaíso”, donde se monta un taller para el armado del avión. Siendo el día 21 de agosto de 1910, la aeronave se encontraba terminada, por lo que se decide probar. Es así que Félix Copetta ayuda en el encendido del motor, al tiempo que otros asistentes afirman el avión (que carecía de frenos). En el momento preciso César Copetta, a la sazón piloto del Voisin, hace una señal y el avión es soltado corriendo por el terreno y elevándose a las 16:00 hrs, realizando un corto vuelo.

Este vuelo genera una gran algarabía en los presentes, por lo que César Copetta ofrece llevar a un “pasajero” que sería precisamente David Echeverría. Para poder ir de “pasajero” debe ocupar una incómoda posición detrás del piloto. Despegan y al aterrizaje las ruedas delanteras entran en una acequia, estando casi a punto de “capotar”. El entusiasmo es inmenso y Copetta decide realizar un tercer vuelo. Con mala fortuna, al despegar el avión se inclina hacia el lado izquierdo y el ala toca el suelo destruyéndose parte de ésta y de la hélice. Con esos daños la aeronave no pudo ser exhibida en el mes de septiembre de 1910. El avión es trasladado al taller de los hermanos Copetta, y está en reparaciones hasta enero de 1911.



En honor a este hito histórico, la Dirección General de Aeronáutica Civil de Chile, celebra su aniversario cada año.

28.agosto.1922. Primer “Raid Internacional”, Santiago – Río de Janeiro.

Nuestro país poseedor de una geografía difícil de conectar, donde la aviación fue el medio por el cual, permitió la conexión interna del país y salir al mundo.

Ernesto Ried, Ingeniero de la Dirección de Aeronáutica, apasionado de la aviación, tiene la idea de realizar un vuelo que lleve desde Chile un mensaje de saludo a Brasil por el Centenario de su independencia.



El Capitán Diego Aracena y el Ingeniero Arturo Seabrook, en el avión llamado “Ferroviario” y el Capitán Federico Baraona y el Sargento Mecánico Manuel Barahona, en el avión llamado “Talca”, fueron los protagonistas.

El 29 de agosto a las 08:25 hrs., despegaron los dos aviones con destino a Mendoza. La travesía no ajena de imprevistos y percances, donde el Capitán Diego Aracena al igual que el Capitán Baraona, terminaron con la casi total destrucción de sus aviones a pocos kilómetros de Río de Janeiro. El Capitán Aracena, tuvo que finalizar el Raid abordo de un avión que les facilitó la Marina de Guerra del Brasil. El 25 de septiembre, logran la hazaña aérea, hito muy importante para la época, entregando la carta que el pueblo de Chile enviara al hermano pueblo del Brasil.



El avión Cessna 337/02 Sky Master.

En esta oportunidad, mostraremos el avión Cessna 337/02 Sky Master, parte de su historia. El primer 02, que era la versión militar, voló en enero de 1967 y el avión entró en producción poco después, con entregas a la Fuerza Aérea de los EE.UU., en marzo de 1967. Un total de 532 aviones 02 fueron construidos en dos variantes para la Fuerza Aérea hasta 1970. El 02A sirvió

como avión de control aéreo adelantado (FAC) mientras que el O2B estaba equipado con altavoces y dispensadores de panfletos para el cometido de Operaciones Psicológicas (PSYOPS). Muchos aviones O2 norteamericanos fueron transferidos para operar con la Fuerza Aérea Survietnamita.

Los O2 chilenos tienen pilones para ser artillados con cohetes, bengalas, ametralladoras de 7,62 mm y otro armamento en cuatro soportes subalares, a algunos se les instalaron balsas salvavidas lanzables y radar subalar. Son muy fáciles de mantener y operar y te permiten cumplir funciones de patrulla costera con un avión bimotor y de bajo costo operativo.



Chile recibió 8 aviones O2A Skymaster a fines de 1997 y posteriormente, otras 2 aeronaves de este mismo modelo, los cuales estaban almacenados en AMARC, los que fueron ensamblados en la Base Aérea de los Cerrillos (SCTB) y en ENAER.

Especificaciones técnicas:

Tripulación: 1 piloto.

Capacidad: 4 pasajeros.

Longitud: 9,06 m.

Envergadura: 11,63 m.

Altura: 2,79 m.

Superficie alar: 18,7 m².

Peso máximo al despegue: 2080 kg.

Misión principal: Enlace / SAR.

Planta motriz: Dos Motores en línea Continental IO-360.

Potencia: 210 hp (157 kW) cada uno cada uno.

Alcance: 2.275 km.

Techo de servicio: 5.400 m.



Avión Sky Master en Isla de Pascua

La presencia de la Fuerza Aérea de Chile en Isla de Pascua, se remonta al 10 de enero de 1951, cuando arribó, luego de una osada travesía, el avión Catalina N° 405 “Manu Tara”.

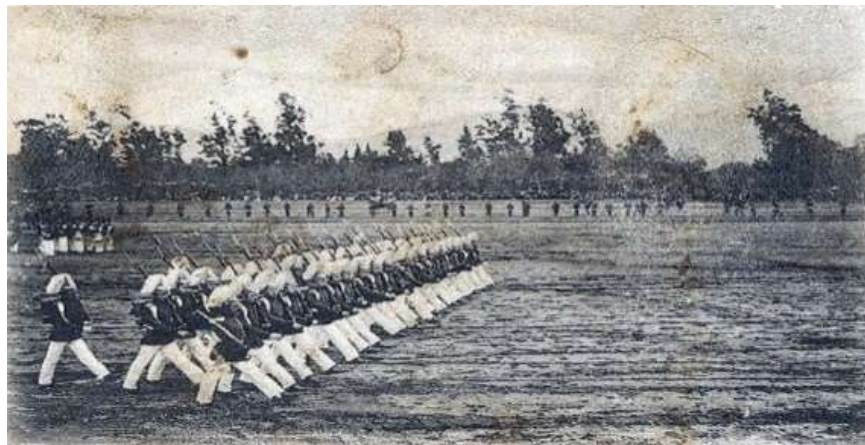
Tiempo más tarde, 47 años, la Escuadrilla SAR de Isla de Pascua fue activada en carácter experimental, mediante orden de la Comandancia en Jefe de la Fuerza Aérea de Chile N° 027 del 10 de septiembre de 1998, cuya misión es realizar actividades de exploración, búsqueda y salvamento aéreo, con el propósito de contribuir al cumplimiento de la misión SAR de responsabilidad del Gobierno de Chile en la zona.

El 20 de enero de 1999, se efectuó en el Aeropuerto Mataverí la ceremonia de activación de la Escuadrilla de Búsqueda y Salvamento Aéreo de Isla de Pascua, dependiente de la IIª Brigada Aérea, incorporándose al inventario el material aéreo Cessna 02 Skymaster, lo que permitió contar con una aeronave adecuada para la Exploración y Búsqueda Aérea.

Adaptación efectuada por VVC de antecedentes de fuentes abiertas, internet, historia FACH, Alas Chile, MNAE DGAC, Tallyho.

Efemérides de septiembre

En septiembre, la aviación chilena celebra varios hitos importantes. Destacan el primer raid aéreo de larga distancia en Sudamérica que finalizó en Santiago en 1922, la primera presentación de la Fuerza Aérea Nacional en la Parada Militar en 1934, y la creación de la Escuela de Vuelo sin Motor de la FACH en 1963. Además, se conmemora la inauguración del Club Aéreo de Ultralivianos de Santiago en 1992 y el primer lanzamiento de paracaídas en Chile en 1924, entre otros eventos.



En 1896, el presidente Jorge Montt, mediante una orden gubernamental, designó al Parque Cousiño (actual Parque O'Higgins) como el escenario de la parada militar. Posteriormente, fue así como mediante la Ley N°2.977 del 28 de enero de 1915, bajo el mandato de Ramón Barros Luco, se declaró al 19 de septiembre como el "Día de las Glorias de Ejército", fecha oficial fijada para este ya tradicional desfile.

Finalmente, en esta oportunidad mostraremos el Hidroavión Vought OS2U "Kingfisher".

19.septiembre.1913 La Aviación Militar en la Parada Militar de 1913.

Hace 112 años, el 19 de septiembre de 1913, el Alto Mando dispuso que por primera vez se presentaran aviones militares en vuelo como parte del tradicional desfile.

La reciente sección de Aviación Militar del Ejército de Chile desfiló por primera vez en la Parada Militar. Fueron cinco aviones monoplanos Bleriot XI, los cuales fueron transportados desarmados en carretas, cuya comitiva fue liderada por el Capitán Manuel Ávalos Prado.

Las aeronaves llegaron al Parque Cousiño desarmadas en varios carros de transporte, con la finalidad de que el público pudiera formarse una idea más completa de estas novedosas máquinas.

A continuación, se armaron en el mismo parque y posteriormente remontaron el vuelo cinco monoplanos Bleriot XI al mando del Capitán Manuel Ávalos Prado que llevaba de pasajero a su ayudante el Teniente Julio León.



Parada militar de 1913. En el carro un avión Bleriot desarmado.

Años más tarde, en la parada militar de 1929, se organizó una gran formación aérea, donde debutaba la recién creada Escuadrilla de Anfibios N^o 1, al mando del Capitán Modesto Vergara. Aunque no pudieron pasar sobre la elipse debido a la neblina, sobrevolaron después las tropas marchando por la Alameda, con gran impacto en la ciudadanía.

28.Septiembre.1924. Primer concurso de aeromodelismo.

Una de las actividades del Festival aéreo en la Escuela de Aviación, ese año, fue el Primer concurso de aeromodelismo. El Festival se inició con un recorrido por las diversas reparticiones, incluidos hangares y la Maestranza de la Escuela.

Dicho concurso fue ganado por el joven Enrique Flores Álvarez, de 15 años de edad, quien presentó diez aeroplanos, haciéndose acreedor a una medalla de plata y cincuenta pesos, premio que le fue entregado por el ministro de Guerra Almirante Luis Gómez Carreño.

Años más tarde, el joven Enrique Flores Álvarez, vencedor del primer concurso de aeromodelismo en el país, egresaría como Oficial de Ejército en el arma de infantería en el año 1928.

En 1930, Flores se incorporó como alumno de la Escuela de Aviación con el grado de Alférez, pasando a ser el número uno de los 152 oficiales que conformaron la primera dotación de la Fuerza Aérea.



28.Septiembre.1924. Primer lanzamiento en paracaídas.

Durante el Festival Aéreo en la Escuela de Aviación, realizado el día domingo 28 de septiembre, a las 10:30 horas, acudió a la Escuela de Aviación el ministro de Guerra y Marina, Almirante Luis Gómez Carreño, nombrado recientemente en ese cargo por la Junta Militar, quien fue recibido con los honores de reglamento por el General Luis Contreras, el Capitán Barahona y toda la oficialidad.

Una de las actividades programadas en el festival, era la evolución de aeronaves. Los aviones en el aire ejecutaron diversos ejercicios de altura, distancia, reconocimiento y duración en el aire.

El gran salto del Teniente Francisco Lagreze.



El Teniente de Ejército Francisco Lagreze Pérez y Comandante de Aviación, se convirtió en el primer chileno y sudamericano en realizar un salto en paracaídas, desde una altura aproximada de 1.000 metros. Ante la natural expectación de los presentes, el Teniente Lagreze, se presentaba militarmente ante el General Contreras, pidiendo autorización para realizar un salto con el paracaídas de Heinecke, petición a la que el General accedió previa consulta al ministro de Guerra y Marina, Almirante Gómez Carreño, quien viendo una gran decisión y valentía en este gesto del joven aviador para realizar tan arriesgada maniobra, no pudo menos que autorizarla.

Con paso firme y decidido el Teniente Lagreze, acompañado del paracaidista alemán, tomó colocación en la cabina del De Havilland DH9 piloteado por el Teniente Oscar Herreros Walker, el que lentamente tomó ubicación en el punto de despegue y se elevó por los aires.

Al alcanzar el avión los mil metros y recibir las últimas instrucciones, el Teniente Francisco Lagreze saltó al espacio cayendo libremente durante algunos segundos, que parecieron interminables para los espectadores, quienes emitieron una exclamación de alivio cuando vieron desplegarse la seda del paracaídas, el que ya convertido en un gran hongo flotante, frenó bruscamente la caída del joven oficial paracaidista, quien al llegar a tierra realizó una rápida flexión de piernas, lo que no le impidió golpearse sobre una piedra suelta del terreno, provocándole una ligera dislocación en un tobillo.

El público vibrante con la demostración de sangre fría y temeridad efectuada por el aviador chileno, invadió la pista ovacionando por espacio de varios minutos al Teniente Lagreze.

Una vez recogido el paracaídas y terminada la demostración, las autoridades y oficiales presentes en el acto se reunieron en el Casino de la Escuela, donde se puso término a la intensa mañana de aviación.

Según consta en los archivos del Museo Aeronáutico de Santiago, Francisco Lagreze, también, fue el primer aviador militar en aterrizar en La Serena y además, se desempeñó como Jefe del Aeródromo de Ovalle.

Francisco Lagreze Pérez, falleció en la ciudad de La Serena el 8 de febrero de 1953. Su funeral se desarrolló con honores en el Regimiento 21 Coquimbo.

Sus restos hoy descansan en el Cementerio Municipal de La Serena, tal como fue su voluntad.

El hidroavión Vought Sikorsky OS2U “Kingfisher”.



El hidroavión Vought Sikorsky OS2U “Kingfisher” fue desarrollado a fines de la década del treinta para cumplir la tarea de observación y dirección de tiro de acorazados en la marina de los Estados Unidos, cumpliendo esta función de manera notable en las campañas del Pacífico durante la II Guerra Mundial, además del patrullaje antisubmarino y la protección de puertos.

Llegó a nuestro país el año 1942, durante el desarrollo del conflicto bélico mundial, como resultado de un plan de reforzamiento para las fuerzas armadas de países latinoamericanos, que el Gobierno de EE.UU. puso en marcha luego del ataque japonés a Pearl Harbour, en diciembre de 1941.

Ya en servicio, este avión realizó una importante labor en las tareas que la Fuerza Aérea de Chile debió cumplir entre 1942 y 1945 respecto a la protección de las costas del Pacífico de posibles ataques de submarinos, realizando el patrullaje aeromarítimo del litoral, protección de puertos y cooperación con la Armada hasta el término del conflicto en agosto de 1945.



A partir de 1946, se les desmontó el armamento y en los años posteriores fue dedicado principalmente a funciones de entrenamiento de pilotos en hidroaviones. Luego en 1947, el Vought Sikorsky, N° 308 de la FACH fue escogido como el avión más idóneo para realizar la primera expedición chilena al continente antártico, en lo que sería el primer vuelo de un avión nacional a la Antártica, la labor más importante de este modelo en nuestra historia aeronáutica.

En esa oportunidad, se reconoció la Isla Livingston, se sobrevoló y amarizó en la Isla Decepción, el área de Lockroy y varios lugares cercana a Bahía Soberanía.

La Fuerza Aérea de Chile contó con 15 ejemplares de este modelo, enumerados desde el 300 al 314. Para el año 1959, todos estos ejemplares ya habían sido dados de baja. El último de ellos, el N° 314, que había realizado dos expediciones a la Antártica en 1949 y 1950, fue dado de baja el 3 de marzo de 1959 por un accidente sufrido el 31 de julio de 1958, durante un vuelo de instrucción al mando del teniente Iván Doren y que llevaba como alumno al subteniente, Guillermo Delgado, quienes resultaron ilesos. El V.S 314, capotó y se hundió en la bahía de Quintero. El avión fue retirado del agua y permaneció por varios años al interior de la Base Aérea de Quintero como un monumento.

El año 1980, con motivo de la realización de la primera Feria Internacional del Aire (FIDA, actual FIDAE), fue entregado por la FACH al Museo Nacional Aeronáutico y del Espacio (MNAE), donde fue restaurado. En primera instancia se le pintó la matrícula 311 y actualmente, con la matrícula 314, luce en excelentes condiciones en el Salón Principal del MNAE como parte de su colección permanente. En diciembre del año 1998, termina su vida operativa.

Adaptación efectuada por VVC de antecedentes de fuentes abiertas, internet, historia FACH, MNAE DGAC, Alas de Chile.

Efemérides de octubre

En el mes de octubre, se conmemoran varios hitos de la aviación, donde destacamos, el primer sobrevuelo del Cabo de Hornos por aviones civiles el 21 de octubre de 1964, y la inauguración de varios Clubes Aéreos a lo largo del país entre 1929 y 1956, como el de Arica, Viña del Mar, Valparaíso, Parral, Angol, Temuco y Laja. También, destaca la realización de la Primera Exposición de Aeroplanos en Chile y Sudamérica, entre el 6 y 13 de octubre de 1918. En esta oportunidad presentamos el Helicóptero Hiller UH-12.

06.octubre.1918. Primera exposición de aeroplanos en Chile y Sudamérica.

En el ámbito aeronáutico, Chile siempre estuvo a la vanguardia en Sudamérica y es en este contexto que, dentro de las efemérides para el mes de octubre, recordamos la celebración de la Primera Exposición de Aeroplanos en Chile y Sudamérica, realizada entre los días 6 y 13 de octubre de 1918.

Organizada por el Aero Club de Chile, la iniciativa buscaba poder recaudar fondos, ya que la institución solo recibía ingresos a través de los aportes de sus socios, donaciones particulares y actividades a beneficio como la señalada en este artículo. La inauguración de la muestra se realizó el domingo 6 de octubre y fue encabezada por el Ministro de Industrias, Obras Públicas y Ferrocarriles, Víctor Landa Zárate y el Ministro de Guerra y Marina, Víctor Robles Valenzuela.

Para esta actividad, que se desarrolló en terrenos de la Quinta Normal, la Escuela de Aeronáutica Militar presentó dos aparatos Bleriot; uno del tipo biplaza con motor Gnome de 80 hp. y un monoplaza con motor Anzani de 60 hp.

Ambas aeronaves construidas (a excepción de los motores) en los modestos talleres de dicha escuela. Junto a lo anterior, este plantel exhibió un carro de transporte para aeroplanos, alas, hélices y otros elementos de aviación, que en nada se diferenciaban de los importados. Por esta exhibición, la Escuela de Aeronáutica Militar se hizo acreedora a la distinción “Premio Ministro de Guerra”.

Por otra parte, el aviador civil Clodomiro Figueroa P., exhibió un aeroplano de su construcción denominado “Tucapel”, con el cual se hizo acreedor al premio “Aero Club de Chile”.



16.octubre.1930. Se inaugura la Fábrica Curtiss Wright en el ex Aeropuerto Los Cerrillos.

Hace nada menos que 94 años se inauguraba, un 16 de octubre de 1930, de modo oficial la primera fábrica de aviones en Chile, en instalaciones en el ex Aeropuerto Los Cerrillos. Esta actividad fue encabezada por el entonces Presidente de la República, el General Carlos Ibáñez del Campo, en las nuevas instalaciones de la fábrica Curtiss Wright de EE.UU. Las instalaciones estaban constituidas por tres edificios: el primero de ellos, un gran hangar de fabricación, otro hangar y una sección de pintura y barnizado de las aeronaves. Todas estas instalaciones estaban ubicadas en la zona norponiente del entonces Aeropuerto Los Cerrillos, muy próximas a donde se encuentra el actual Museo Nacional Aeronáutico y del Espacio. Personal e Instalaciones de la Fábrica en Los Cerrillos.



Firme con la visionaria percepción del entonces Comandante Arturo Merino Benítez, negoció que la adquisición de parte de Chile de una partida de aviones Curtiss Falcon, de los cuales solo 10 serían construidos en la planta de Curtiss en EE.UU. y el resto en la planta en Chile. El objetivo inicial era producir 50 aeroplanos por año, con la posibilidad de extender la fabricación si prosperaba la demanda. Estas aeronaves eran modelos Curtiss Falcon biplaza y Hawk monoplaza, capaces de apoyar fuerzas en tierra y dejar atrás los "aviones de tela", de 1915 y 1917. Para contar con el personal adecuado y calificado, se seleccionó personal para que viajara a la fábrica de Curtiss Wright en Búfalo. Los modelos Hawk y Curtiss Falcon destacaron como prototipos de punta de la época. Incluso algunos de ellos participaron en la revolución paulista de Brasil y en la Guerra del Chaco, entre Bolivia y Paraguay. También, vinieron a Chile técnicos especialistas de la fábrica desde EE.UU. para supervisar las operaciones en la nueva fábrica. El primer avión producido en Chile se entregó el 1 de enero de 1931, con la presencia del Presidente de la República, General Carlos Ibáñez del Campo y diversas autoridades de gobierno e institucionales, la aeronave un Curtiss Falcon recibió matrícula número 20. El flamante primer avión era impulsado por un motor D-12 de cilindros en V refrigerado por agua y de sorprendentes 430 HP. Se alcanzaron a construir modelos como el Falcon (Biplaza, de reconocimiento y ataque) y cazas Hawk (Monoplaza). Asimismo, hay antecedentes del modelo anfibia Loening C4C y el biplano Curtiss-Reid, de ese total entre 8-10 fueron vendidos a Brasil. El cierre de la fábrica en Chile, se originó por la denominada "crisis del 29", que poco a poco comenzaba a hacerse sentir en Chile. Así, la fábrica tuvo que suspender sus actividades a mediados de 1931, por falta de recursos económicos. Un año después se reiniciaron las actividades con el fin de terminar aviones Curtiss Falcon que estaban en etapa avanzada de su fabricación.

16.octubre.1946. Fundación de la Federación Aérea de Chile.

Hace 79 años, un 16 de octubre de 1946, era creada la Federación de Clubes Aéreos de Chile, actual Federación Aérea de Chile (FEDACH), encargada de velar por los Clubes Aéreos. Tras el éxito de la campaña “Alas para Chile”, durante 1943, arriban al país 30 aviones Aeronca L-3B Grasshopper.

Fue así que, el 16 de octubre de 1946, se dicta el Decreto Supremo N° 701, que crea la Federación de Clubes Aéreos de Chile. Siendo su primer Director el aviador y secretario del Club Aéreo de Chile, Don José Claro Vidal. Posteriormente, el 20 de octubre de 1948 y bajo el Decreto Supremo N° 609, cambia su nombre por el actual de Federación Aérea de Chile. Desde 1963, la FEDACH, es miembro de la Federación Aeronáutica Internacional (FAI).

Hoy en día, esta organización cumple con la misión de cobijar alrededor de 70 clubes asociados desde Arica hasta Punta Arenas.

20.octubre.1961. Día Internacional del Controlador de Tránsito Aéreo.

Hace ya 103 años, en abril de 1922, la primera colisión en el aire entre dos aviones comerciales sobre Normandía (Francia), alentó al Reino Unido, Francia, Bélgica y los Países Bajos a implementar procedimientos para mantener la separación entre aeronaves. Ese hecho fue el primer paso para instaurar el Control del Tráfico como un servicio para evitar colisiones y dar un ordenamiento al tráfico de las aeronaves.

El 20 de octubre de cada año, se conmemora el Día Internacional del Controlador de Tránsito Aéreo (CTA). En 1961 se fundó la Federación Internacional de Asociaciones de Controladores de Tránsito Aéreo (IFATCA), organismo que reúne a 125 países y representa alrededor de 50.000 Controladores a nivel mundial. Los Controladores de Tránsito Aéreo se desempeñan las 24 horas del día en las dependencias de Control de tránsito aéreo de la red primaria y secundaria de Aeródromos y Aeropuertos del país. Dentro de sus funciones está mantener contacto directo con los pilotos a través de equipos de comunicación, autorizar las maniobras de personal, vehículos terrestres en pista y sus alrededores y entregar la información necesaria a los pilotos para que realicen el despegue, vuelo en ruta y aterrizaje en forma segura.

Actualmente, los Controladores de Tránsito Aéreo están en servicio a lo largo del país, quienes trabajan en las distintas Unidades Aeronáuticas de la Dirección General de Aeronáutica Civil.

El helicóptero Hiller UH-12

El Hiller UH-12, que realizó su primer vuelo en 1948, fue un helicóptero utilitario ligero que sirvió tanto para fines militares (denominado OH-23 Raven por el Ejército de EE. UU.) como civiles. Fue ampliamente utilizado para entrenamiento de pilotos, observación y evacuación médica durante la Guerra de Corea, entre otras misiones.

Características y evolución.

Innovación: El UH-12 destacó por su innovador sistema de control con palas aerodinámicas, lo que permitía una mayor estabilidad en vuelo.

Variantes: El diseño original de dos asientos fue mejorado con el tiempo. El modelo UH-12C, por ejemplo, presentaba una cabina tipo burbuja, y los modelos posteriores incluyeron versiones para fumigación agrícola.

Popularidad: Este helicóptero se produjo en grandes cantidades y fue exportado a numerosos países para operaciones militares y civiles.

Legado: A pesar de haber dejado de producirse en la década de 1960, el UH-12 se mantuvo en servicio durante muchos años y fue adaptado con nuevos motores para mejorar su rendimiento, como las conversiones a turbina.

En la Fuerza Aérea de Chile a principios de los años 50, se decidió la compra de cuatro helicópteros UH-12E, nuevos con la idea de que entraran a complementar a las unidades operativas ya existentes.



Los aparatos fueron recibidos a partir de 1960 y pasaron a desempeñar labores de instrucción, vigilancia y observación.

En 1965, dado su buen comportamiento se decide la compra de seis nuevas unidades, esta vez el modelo UH-12 E4, cuya principal característica es ser un poco más largo que su antecesor.

En 1971, los helicópteros UH-12 Hiller, que estaban repartidos en diversas unidades a lo largo del país, pasan a concentrarse en el Grupo de Aviación N°3, donde cumplen funciones hasta 1981, cuando pasan a retiro del servicio.

Algunos de estos helicópteros fueron vendidos a diversas fuerzas aéreas latinoamericanas. De hecho, este helicóptero tuvo una gran aceptación en la región, siendo utilizado por las fuerzas aéreas de Argentina, Chile, Colombia, México, Perú y Uruguay.

Los orígenes del UH-12 Hiller tienen poco que ver con prestaciones militares, ya que apareció en el mercado en 1950 para cumplir funciones agrícolas. Al poco tiempo, el Ejército de los Estados Unidos solicitó una versión militar para cumplir funciones de instrucción.

Luego, de estar por muchos años fuera de producción, en el año 1984 comenzó nuevamente a ser producido en serie, esta vez con un motor más potente y con la clásica carlinga del tipo burbuja.

El helicóptero UH-12 Hiller tiene una capacidad para cuatro personas y en total se llegaron a producir cerca de 2.000 unidades.

Adaptación efectuada por VVC de antecedentes de fuentes abiertas, internet, historia FACH, MNAE DGAC, Alas de Chile.

Efemérides de noviembre

La Fuerza Aérea de Chile realiza en la Base Aérea “El Bosque” la tradicional Ceremonia de Homenaje a los Mártires de la Aviación Militar el 1º de noviembre, en la que se recuerda a todos los Camaradas fallecidos en acto de servicio. La actividad la preside el Sr. Comandante en Jefe de la Fuerza Aérea de Chile junto a su Alto Mando Institucional y la presencia de ex Comandantes en Jefes de la FACH, Oficiales y Personal del Cuadro Permanente, representantes de círculos de personal en retiro de la Institución y de organismos aeronáuticos. También, debemos mencionar, la primera travesía aérea sobre el estrecho de Magallanes, el primer vuelo en helicóptero y el primer vuelo libre en globo de la historia. Otras efemérides incluyen la inauguración de aeródromos y centros de control en Chile, el logro de récords de altura y vuelos de expedición. Continuando con la presentación de aeronaves, en esta oportunidad mostraremos el avión “Mentor” T-34.

01.Noviembre.1916. Primera travesía aérea en el Estrecho de Magallanes.

Hace ya un lejano 1 de noviembre de 1916, y coincidiendo con un aniversario más del descubrimiento del Estrecho de Magallanes (1520), el piloto civil chileno David Fuentes Sosa, voló desde Punta Arenas cruzando el Estrecho de Magallanes aterrizando en Porvenir.

El aviador David Fuentes Sosa, desde hacía unas semanas previas al cruce, venía recorriendo diversas ciudades del sur de Chile. Volando en su noble avión monoplano Bleriot XI bautizado “Talcahuano”, el que tenía una configuración de asientos en “tándem” (uno detrás de otro) y un motor de 80 HP. En esta gira lo llevó a volar en Talca, Valdivia, La Unión, Río Bueno y Osorno.

David Fuentes junto a su Bleriot “Talcahuano” llega a la austral ciudad de Punta Arenas, a bordo del vapor “Chiloé”. En esa ciudad el día 1 de noviembre despegó desde el Club Hípico de Punta Arenas, a las 06:00 de la mañana llevando como pasajero al Capitán Carlos Cruz. El vuelo en el Bleriot para cruzar el Estrecho de Magallanes duró algo más de 20 minutos, alcanzando los 1.800 metros de altura, llegando a Porvenir, desatando la locura y vítores de los presentes. Lamentablemente, se desató un fuerte temporal que impidió que David Fuentes realizara algunas demostraciones en Porvenir, como pretendía hacer. En tanto, el clima fue bastante adverso con fuerte viento que dañó el avión Bleriot, y ante la imposibilidad de repararlo en Porvenir, fue trasladado a Punta Arenas.



David Fuentes Soza en su Bleriot “Talcahuano”.

11.Noviembre.1924. Primer salto en paracaídas sobre el mar.



Piloto 2° Agustín Alcayaga aviador naval, de casaca de cuero.

En la tarde del día 11 de noviembre de 1924, se realizó el primer salto en paracaídas sobre el mar en Chile, hazaña realizada por el Piloto 2° Agustín Alcayaga, quien, además, era aviador naval. Con solo algunas instrucciones del técnico Heinecke, abordó el bote volador Felixstowe 2A "Guardiamarina Zañartu" piloteado por el Teniente Francke y que, además, llevaba como tripulación al Teniente Díaz y los mecánicos Constanzo y Gómez.

La voluminosa aeronave despegó desde Valparaíso y ascendió hasta una altura de 800 metros, siendo poco más de las 17:00 hrs. el audaz aviador naval Agustín Alcayaga se lanzaba con el entonces novedoso sistema de paracaídas. Siempre en estas pruebas surgen imprevistos, siendo en este caso el hecho que se inició un fuerte viento el cual comenzó a desplazar la trayectoria de descenso en dirección, nada menos que al Acorazado Almirante Latorre que se encontraba fondeado en la bahía. Por fortuna, y ante la mirada de admiración y preocupación del numeroso público congregado en la ciudad puerto, el Piloto 2° Alcayaga cayó directamente al agua y fue rescatado por una lancha de la propio Acorazado Latorre.

Sin lugar a dudas, este acontecimiento marcó un hito para la aviación naval y la aviación en general en nuestro país.

17.Noviembre.2009 Inauguración del Nuevo Centro de Control de Área de Santiago (CCAS).

El 17 de noviembre de 2009, la DGAC inauguró el Centro de Control de Área de Santiago, potenciando la gestión de los controladores de tránsito aéreo y la seguridad de las operaciones aéreas.

Cabe señalar que este Centro de Control de Área, gestiona la prestación de los servicios de tránsito aéreo desde Vallenar hasta Temuco y se complementa con los otros Centros de Control existentes del país, como Iquique, Puerto Montt, Punta Arenas y Océánico. El CCAS, dispone de 11 posiciones de control, cada una de ellas tripuladas por controladores de tránsito aéreo, para la prestación de estos servicios en el espacio aéreo que comprende la Región de Información de Vuelo de Santiago (FIR), las 24 horas del día, todos los días del año.



Centro de Control de área de Santiago. DGAC

Cada posición de control, posee una pantalla plana de alta definición de 30 pulgadas para la visualización del tráfico aéreo, más otras tres pantallas de diferentes tamaños para la recepción de mensajes aeronáuticos, de meteorología, de mapas, entre otras, todo ello administrado por un software de última generación más amigable y con funcionalidades adicionales que facilitan la labor del controlador.

30.Noviembre.1984 Operación “Estrella Polar”.

El 30 de noviembre de 1984, dos aviones DHC-6 “Twin Otter” de dotación del Grupo de Aviación N° 6, al mando del General de Aviación Mario López Tobar, alcanzan el Polo Sur, descendiendo en la Base Antártica Estadounidense Amundsen-Scott.

Con apoyo desde bases terrestres pre-establecidas y desde un avión C-130 “Hércules”, se realizaron lanzamiento de combustible y otros abastecimientos mediante paracaídas, elementos que permitieron así, que las aeronaves alcanzaran dicho punto geográfico. Estos aviones marcan otro hito vital en los objetivos de exploración y soberanía antártica de la Fuerza Aérea de Chile.

Los aviones DHC-6 “Twin Otter” fueron tripulados por el Comandante de Escuadrilla (A) Claudio Sanhueza; el Capitán de Bandada (A) Navegante Francisco de Diego; los Tenientes (A) Ricardo Ruminot y Leandro Serra; el Suboficial Carlos Palacios V. y el Sargento 1° José Bermedo.

La operación “Estrella Polar”, destaca a este grupo de aviadores militares que con sacrificio, entrega y valor hicieron posible concretar esta misión.



El Avión T-34 “Mentor”.

El avión Beechcraft T-34 “Mentor” fue un avión de entrenamiento básico clave para la Fuerza Aérea de Chile (FACH) durante décadas, desde su incorporación en 1954 hasta su reemplazo en 1987. Estos aviones desempeñaron un papel fundamental en la formación de generaciones de pilotos.



La decisión de la USAF de cambiar su entrenador básico, motivó en el año 1953 a la FACH a la adquisición de 25 aviones Mentor B-45, que fue la designación que la fábrica dio a su versión de exportación, cuyo costo unitario era de US\$ 44.350. Con esta decisión, la FACH pasó a convertirse en la segunda institución armada en el mundo en adquirir el Mentor. Habiéndose acordado que la entrega de los aviones se efectuaría en el primer semestre de 1954, la FACH envió en noviembre de 1953 a un grupo de nueve mecánicos a la fábrica en Wichita, Kansas.

Los aviones T-34 “Mentor” representaron una mejora significativa en el entrenamiento de pilotos de la FACH, al estandarizar la formación básica en la Escuela de Aviación. Eran conocidos por su fiabilidad, rendimiento y maniobrabilidad.

El retiro del servicio de la flota de T-34 “Mentor” de la FACH fue el 9 de diciembre de 1987 y reemplazada por el avión T-35 Pillán, de fabricación ENAER Chile.



En la actualidad y tras su retiro del servicio, muchos de estos aviones pasaron a manos de coleccionistas y entusiastas de la aviación. En Estados Unidos, por ejemplo, un ex Mentor de la FACH vuela con su camuflaje original.

En nuestro país, a pesar de su retiro, aviones “Mentor”, ahora operados por clubes aéreos como el Club Aéreo de Santiago, siguen participando en festivales aéreos en diferentes regiones de nuestra alargada geografía.

Hoy, un legendario avión T-34 “Mentor” de la FACH se conserva en exhibición en el Museo Nacional Aeronáutico y del Espacio (MNAE) en Cerrillos, Santiago.



Adaptación efectuada por VVC de antecedentes de fuentes abiertas, internet, historia FACH, Tallyho.

Efemérides de diciembre

En las efemérides aéreas del mes diciembre, iniciamos con el Día Internacional de la Aviación Civil el 7 de diciembre, que celebra la firma del Convenio sobre Aviación Civil Internacional en 1944. Otro hito importante es el primer cruce de los Andes en avión por el piloto chileno Dagoberto Godoy el 12 de diciembre de 1918. fecha que se instauró en el año 1996 gracias a una iniciativa de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) ante la Asamblea General de las Naciones Unidas, para reconocer oficialmente este día en conmemoración de la Aviación Civil Internacional.

En este mismo mes, recordamos a los hermanos Orville y Wilbur Wright, al brasileño Alberto Santos Dumont, al Tte. de Ejército Enrique Pérez L. Primer vuelo nocturno en Chile.

En esta publicación presentaremos el avión De Havilland Canadá DHC – 5 “Buffalo”.

07.diciembre.1966. Día Internacional de la Aviación Civil.

El 7 de diciembre de 2025 se cumplen 81 años de la firma del Convenio sobre Aviación Civil Internacional en Chicago (Estados Unidos) en 1944. En estos años, este acuerdo internacional ha servido de base para el desarrollo del sistema mundial de aviación civil en beneficio de todas las naciones.

Durante estos 81 años, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) ha sido el motor del desarrollo seguro y sostenible de la aviación mundial. Desde 1944, este organismo ha establecido las normas que han permitido prosperar al sector, al mismo tiempo que ha defendido el progreso socioeconómico, la igualdad de género y una cultura de la innovación. Con motivo de la celebración de este aniversario, la OACI reafirma su compromiso inquebrantable con la reducción de la huella de carbono de la aviación, con el ambicioso objetivo de lograr cero emisiones netas de carbono para 2050.

En 1944, se produjo un momento crucial cuando delegados de 54 naciones se reunieron en Chicago, Estados Unidos.

Estos importantes responsables firmaron el Convenio sobre Aviación Civil Internacional, coincidiendo con la creación de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

En 1994, la OACI estableció el Día Internacional de la Aviación Civil para celebrar su 50 aniversario.

El objetivo era reconocer el papel y reforzar la importancia de la aviación civil internacional en: La conexión de personas y naciones de todo el mundo, el fomento del comercio y el turismo mundiales.

El desarrollo de la paz y el entendimiento entre culturas diferentes.

Los vuelos internacionales son un componente fundamental de la paz y la prosperidad mundiales, que afectan a nuestras vidas en muchos aspectos.

La red de Aviación Civil Internacional transporta más de 4.000 millones de pasajeros al año y proporciona 65,5 millones de puestos de trabajo.

12. diciembre.1918. Primer cruce de Los Andes.



El Tte. de Ejército Dagoberto Godoy Fuentealba.

En los primeros años de la aviación nacional, volar sobre la Cordillera de Los Andes, era un desafío, que en particular motivó a pilotos chilenos y argentinos a intentar cruzar por distintas partes del macizo andino. El Tte. de Ejército Dagoberto Godoy Fuentealba, era hijo de Abraham Godoy Mardones y Clotilde Fuentealba. Estudió en el actual Colegio de La Salle de Temuco. Se trasladó a Santiago en 1910 e ingresa a la Escuela Militar.

En 1914 egresó como oficial del arma de Ingenieros, siendo destinado al Regimiento de Ferrocarriles. En 1916 es transferido a la Escuela de Aeronáutica Militar con el rango de teniente primero del Ejército. Tras una serie de preparativos, en diciembre de 1918, el teniente primero Dagoberto Godoy F., a bordo de un avión Bristol M1C cruzó por primera vez el macizo cordillerano por su parte más alta, haciéndose acreedor a la recompensa ofrecida y trayendo la gloria a nuestra patria por la proeza lograda.

A las 5:30 de la mañana del 12 de diciembre de 1918, el Teniente Dagoberto Godoy sube a su Bristol Le Rhone N.º 4988 de 110 HP y despegue desde la Base Aérea “El Bosque”, al sur de Santiago. Luego, de sobrevolar por dos horas la cordillera de los Andes a una altitud de 6300 metros, aterrizó en Lagunitas, cerca de Mendoza, Argentina. Este hecho quedó en la historia de la aviación nacional, como el primer vuelo de un aeroplano por sobre la Cordillera de Los Andes.

Lo recibió con honores, acompañándolo al Palacio de La Moneda, donde fue recibido por el primer mandatario.

22. diciembre. 1956. Primer sobrevuelo comercial en la Antártica, en un DC-6B de LAN.

Corría el año 1956 y el día 11 de abril se finaliza la pista de 2.200 mts. de Chabunco en Punta Arenas. Sin embargo, el viaje para su inauguración, que llevaría al entonces Presidente de la República Carlos Ibáñez, es retrasado hasta el día 10 de mayo llegando en un DC-6B de LANChile. Con el fin de continuar posicionando a LANChile en los medios de prensa se decide realizar un importante vuelo antes de que finalice el año 1956.

El vuelo a la Antártica

El día 21 de diciembre aterriza en Chabunco procedente de Santiago el DC-6B matrícula CC-CLDA (401), la idea era realizar desde ahí un sobrevuelo de la península Antártica. Siendo las 05:36 de la madrugada del 22 de diciembre despegó en un día muy claro, el cuatrimotor el cual se interna en el Mar de Drake y las islas Shetland del Sur, para luego sobrevolar las bases chilenas presentes en la Antártica.

La travesía tuvo una duración de 7:44 hrs luego de las cuales el Douglas regresó a Chabunco a las 14:00 hora local, donde sus ochenta pasajeros recibieron un diploma que acreditaba su participación en este primer vuelo comercial en el mundo sobre el continente blanco.

El avión luego de la escala en Chabunco prosiguió vuelo hacia Santiago completando 18 horas de vuelo.

Luego de este histórico vuelo sobre el continente blanco, todos los DC-6B de LAN portaron en su fuselaje la leyenda “*Primera sobre la Antártica*”.

22.Diciembre.1972. Rescate de los rugbistas uruguayos en la Cordillera de los Andes.

Un hito importante para la Fuerza Aérea de Chile, fue el rescate de los sobrevivientes del accidente del avión de la Fuerza Aérea Uruguaya (FAU) que trasladaba a un equipo de rugby de ese país. Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales 63 Algunos de los sobrevivientes la noche antes de su rescate, el 22 de diciembre de 1972.

El 13 de octubre de 1972, un avión de la Fuerza Aérea del Uruguay en el que viajaba un equipo de rugby juvenil junto a sus familiares y amigos, se estrelló en medio de la cordillera de Los Andes.



El piloto había confundido su posición por la poca visibilidad y, pensando que descendía para aterrizar en Santiago, cayó en las montañas de la frontera entre Chile y Argentina. El avión era un Fairchild Hiller FH-227D, en el cual viajaban 40 pasajeros y cinco tripulantes.

Tras 72 días de supervivencia en medio de las montañas, solo sobrevivieron 16 personas. Archibaldo Morales Villanueva, periodista chileno y locutor principal de la Radio Manuel Rodríguez, de San Fernando, da la noticia del encuentro de los uruguayos Parrado y Canessa con el arriero Armando Cerda, quien era empleado del también arriero Sergio Catalán.

Los helicópteros UH-1H de la FACH que realizaron el operativo llegaron hasta el sector Los Maitenes, en la comuna de San Fernando en la Región de O'Higgins, para el rescate de los sobrevivientes y reconocimiento de los fallecidos.

EL AVIÓN DE HAVILLAND CANADA DHC – 5 “BUFFALO”.



El avión De Havilland Canadá DHC-5 Buffalo es un avión turbohélice de transporte utilitario de despegue y aterrizaje cortos (STOL), desarrollado a partir del anterior DHC-4 Caribou, con motor de pistón. Posee un extraordinario rendimiento STOL y es capaz de despegar a distancias mucho más cortas que las que la mayoría de los aviones ligeros pueden alcanzar. Fue diseñado originalmente por De Havilland Canadá.

En mayo del año 1962 el Ejército de los Estados Unidos invito a veinticinco fabricantes de aviones para que se dieran a la tarea de construir un nuevo avión que cumpliera el rol de transporte táctico de STOL (Despegue y aterrizajes cortos).

La empresa canadiense De Havilland ganó la propuesta. A fines de 1965, el Ejército de los Estados Unidos ordenó la fabricación de 120 unidades de estos aviones. Simultáneamente, fueron encargados otras unidades para prestar servicios en la Fuerza Aérea de los Estados Unidos.

A finales de 1965, uno de los prototipos DHC-5 operados por el Ejército de los EE. UU. fue desplegado en la Base Aérea de Bien Hoa en Vietnam del Sur para un período de evaluación de tres meses.

La Real Fuerza Aérea Canadiense adquirió por primera vez 15 DHC-5A designados como CC-115 para transporte táctico, operados inicialmente en la Base de las Fuerzas Canadienses St Hubert, QC por el Escuadrón N.º 429.

En 1970, las aeronaves Buffalo fueron transferidas a un rol de transporte y rescate con el Escuadrón N.º 442, el Escuadrón N.º 413 y el Escuadrón N.º 424. Tres aeronaves también fueron desplegadas en misiones de la ONU en Oriente Medio con la Unidad de Transporte N.º 116 hasta 1979.

El 9 de agosto de 1974, el CC-115 Buffalo de las Fuerzas Canadienses fue derribado por un misil tierra-aire sirio, resultando en nueve tripulantes fallecidos.

La producción comercial del avión De Havilland Canadá DHC-5 Buffalo, termino en diciembre de 1986, luego, de casi 126 unidades fueran vendidas a diversas Fuerzas Aéreas del mundo.

Las funciones de este avión son variadas. Puede transportar cañones y carros blindados. También, puede transportar hasta 41 soldados completamente equipados o 35 paracaidistas.

Su ficha técnica es la siguiente:

Motor: 2 x turboprops General Electric CT64-820-4 produciendo 2336 kW cada uno.

Longitud: 29.26 m.

Envergadura: 29 m.

Altura: 24.08 m.

Peso vacío: 11.412 kg.

Peso máximo: 22.317 kg.

Velocidad: 467 km/h.

Techo de servicio: 9.450 m. (31 001 ft)

Alcance: 1.120 km.

Carga: 8.165 kg.

A inicios de la década de los 80 se sumó a la flota de aeronaves de la FACH, el Buffalo DHC-5. El avión fue donado por el fabricante a la Institución. Este avión de transporte fue asignado a la dotación del Grupo de Aviación N.º 6, asentado en la IVa. Brigada Aérea, con el número FACH 920. Unidad que cumple funciones de apoyo logístico, campañas antárticas, evacuaciones aeromédicas. Además, brinda apoyo a diversas actividades científicas.

El 15 de mayo de 1981, mientras las tripulaciones practicaban toques y despegues con un motor en unas de las pistas del Aeropuerto Carlos Ibáñez del Campo de Punta Arenas, se salió de la pista incendiándose por completo.

Adaptación efectuada por VVC de antecedentes de fuentes abiertas, internet, historia FACH, alas de chile, Tallyho.



ANUARIO 2025

**CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS
Y AEROESPACIALES**

Capítulo II

ARTÍCULOS

Artículo Nº 01/2025 VUELOS DE PRUEBA DE STARSHIP



Por Álvaro Aguirre Warden. Director de Asuntos Espaciales.
08 de enero de 2025. 14 Min. de lectura.



Starship instalada en Starbase antes de su sexto vuelo de prueba. SpaceX

La nave espacial Starship y el cohete Super Heavy de SpaceX, conocidos como Starship, representan un sistema de transporte totalmente reutilizable diseñado para transportar tanto a la tripulación como a la carga a la órbita terrestre, la Luna, Marte y más allá.

El conjunto Starship-Super Heavy permanece unido por acción de la gravedad y, durante el lanzamiento, por la aceleración de los motores de la primera etapa. Este sistema es posible porque usa una técnica de separación de etapas, que consiste en que la primera etapa comienza a girar y la segunda aprovecha la fuerza centrífuga para separarse y, tras encender sus 6 motores Raptor, alejarse del Super Heavy.

Starship es el vehículo de lanzamiento capaz de transportar hasta 150 toneladas métricas totalmente reutilizables y 250 toneladas métricas desechables.

Las dimensiones son: Alto 121 metros, Diámetro 9 metros, Capacidad de carga de pago 100 a 150 toneladas.

Con cinco mil toneladas al despegue, el sistema Starship es casi dos mil toneladas más pesado que el Saturno V (usado para las misiones Apollo) y también supera al SLS (Space Launch System) de la NASA (2600 toneladas).



Nave Espacial Starship.

Es una nave espacial totalmente reutilizable y la segunda etapa del sistema Starship. Esta nave tiene varias configuraciones, con una sección de carga útil integrada que le permite transportar tripulación y carga a la órbita terrestre, la Luna, Marte y más allá. También, es capaz de transporte punto a punto en la Tierra, lo que permite viajar a cualquier parte del mundo en una hora o menos.

Las dimensiones son: Alto 50 metros, Diámetro 9 metros, Capacidad de combustible 1.200 toneladas, Empuje 1.200 tf.



Starship. Fuente: SpaceX.

Super Heavy.

Es la primera etapa, o propulsor, del sistema de lanzamiento Starship, y tiene 33 motores Raptor que utilizan metano líquido subenfriado (CH₄) y oxígeno líquido (LOX). Esta etapa es totalmente reutilizable y volverá a entrar en la atmósfera terrestre para aterrizar de nuevo en el lugar de lanzamiento.

Las dimensiones son: Alto 71 metros, Diámetro 9 metros, Capacidad de combustible 3.400 toneladas, Empuje 7.590 tf.



Super Heavy. Fuente: SpaceX.

Motor Raptor.

Es un motor de combustión por etapas de metano-oxígeno reutilizable que alimenta el sistema Starship y tiene el doble de empuje que el motor Falcon 9 Merlin.

Starship estará propulsado por seis motores, tres motores Raptor y tres motores Raptor Vacuum (RVac), que están diseñados para su uso en el vacío del espacio, mientras que el Super Heavy estará propulsado por 33 motores Raptor, con 13 en el centro y los 20 restantes alrededor del perímetro del extremo de popa del propulsor.

Las dimensiones los motores son las siguientes: Alto 3,1 m., Diámetro 1,3 m., Empuje 230 tf.

Raptor Vacuum (RVac) tiene un diseño similar al motor Raptor, pero cuenta con una sección de escape más grande y una boquilla de expansión más grande para maximizar la eficiencia del motor en el espacio. Tres RVacs impulsarán Starship, además de tres motores Raptor.

Las dimensiones son: Alto 4,6 m., diámetro 4,6 m., empuje 258 tf.



Raptor y Raptor Vacuum. Fuente: SpaceX.



Motores Raptor del Super Heavy. Fuente: SpaceX.

Vuelos de prueba.

Estos vuelos proporcionan datos invaluable para continuar desarrollando Starship rápidamente, y a la fecha de este artículo, se han realizado seis vuelos los que se detallan a continuación:

Primer vuelo.

Fue el primer vuelo de prueba de Starship integrado entre el Super Heavy y la nave Starship, que se realizó el 20 de abril de 2023 y durante este vuelo, el cohete despegó exitosamente, pero experimentó múltiples motores apagados durante el vuelo, lo que implicó la pérdida de altitud y comenzó a caer, explotando en el aire minutos después debido a problemas técnicos.

Aunque el vuelo terminó con una explosión, se consideró un éxito parcial porque se lograron muchos objetivos y se obtuvieron datos cruciales para mejorar futuros lanzamientos dando un paso importante en el desarrollo de la nave espacial reutilizable.

A pesar de la explosión del cohete, se pudo recopilar una gran cantidad de datos valiosos que permitieron dar información en relación a los objetivos planificados, y algunos de ellos se detallan a continuación.

- **Rendimiento de los motores Raptor:** Se evaluó cómo funcionaron los motores bajo condiciones reales de vuelo, lo que permitió identificar áreas de mejora.

- **Comportamiento aerodinámico:** Se obtuvieron datos sobre la estabilidad y el control del cohete durante el vuelo, especialmente al atravesar la fase de máxima presión aerodinámica (Max-Q)
- **Separación de etapas:** Aunque la separación de las etapas no se realizó correctamente, se aprendió mucho sobre los mecanismos involucrados y las posibles fallas.
- **Resistencia estructural:** Se evaluó la capacidad del cohete para soportar las tensiones del despegue y el vuelo inicial.



Starship en vuelo. Fuente: SpaceX.



Primer vuelo. Fuente: SpaceX.

Segundo vuelo.

Este vuelo se realizó el 18 de noviembre de 2023, el que logró alcanzar una altitud significativa antes de experimentar una falla durante la etapa de separación, lo que llevó a una explosión controlada lo que impidió completar la misión, a pesar de lo anterior logró una serie de hitos importantes como fue:

Los 33 motores Raptor del Super Heavy Booster arrancaron con éxito y, por primera vez, completaron una combustión completa durante el ascenso.

Starship ejecutó con éxito una separación de etapa caliente, apagando todos menos tres de los motores Raptor de Super Heavy y encendiendo con éxito los seis motores Raptor de la segunda etapa antes de producirse la separación de los vehículos. Esta fue la primera vez que esta técnica se realizó con éxito con un vehículo de este tamaño.

Después de la separación, el propulsor Super Heavy completó con éxito su maniobra de volteo e inició la combustión del propulsor antes de experimentar un desmontaje rápido y no programado. La avería del vehículo se produjo a los tres minutos y medio de vuelo a una altitud de aproximada de 90 km sobre el Golfo de México

La conclusión de la prueba de vuelo se produjo cuando la telemetría se perdió cerca del final de la segunda etapa antes del corte del motor después de más de ocho minutos de vuelo. El equipo verificó que un comando de destrucción seguro se activó correctamente en función de los datos de rendimiento del vehículo disponibles.

El deflector de llama refrigerado por agua y otras actualizaciones de la almohadilla funcionaron como se esperaba, requiriendo un trabajo mínimo posterior al lanzamiento para estar listo para las próximas pruebas del vehículo y la próxima prueba de vuelo integrada.

Aunque el vuelo no logró todos sus objetivos, proporcionó valiosos datos para futuras misiones, los que se señalan a continuación:

- **Mejora en la fase de despegue:** El cohete logró despegar y alcanzar una altitud considerable, lo que demostró mejoras en los motores Raptor y en la estructura del cohete.
- **Datos sobre la separación de etapas:** Aunque la separación de las etapas no fue exitosa, los datos recopilados ayudarán a mejorar los mecanismos y procedimientos para futuras misiones.
- **Resistencia estructural:** El vuelo permitió evaluar la resistencia de los materiales y la estructura del cohete bajo condiciones extremas.
- **Sistemas de seguridad:** La explosión controlada proporcionó información valiosa sobre los sistemas de seguridad y cómo pueden ser mejorados para proteger tanto la carga útil como el entorno.



Despegue del segundo vuelo de Starship. Fuente: SpaceX.



Vuelo del Super Heavy. Fuente: SpaceX.

Tercer vuelo.

Este vuelo se efectuó el 14 de marzo de 2024, siendo el vuelo más exitoso que los anteriores, logrando que ambas etapas del cohete ascendieran con éxito y que la nave regresara a la Tierra de forma controlada después de una hora de vuelo.

Por segunda vez, los 33 motores Raptor del Super Heavy Booster arrancaron con éxito y completaron una combustión completa durante el ascenso

Starship ejecutó con éxito su segunda separación en la etapa caliente, apagando todos menos tres de los motores Raptor de Super Heavy y encendiendo con éxito los seis motores Raptor de la segunda etapa antes de separar los vehículos.

Después de la separación, el propulsor Super Heavy completó con éxito su maniobra de volteo e inició la combustión del propulsor para enviarlo hacia su punto de amarizaje en el Golfo de México.

Super Heavy encendió con éxito varios motores para su primer aterrizaje antes de que el vehículo experimentara un RUD ("desmontaje rápido no programado"). El vuelo del propulsor concluyó a aproximadamente 462 metros de altitud y poco menos de siete minutos después de iniciada la misión.

Los seis motores Raptor de la segunda etapa de Starship arrancaron con éxito e impulsaron el vehículo a su órbita esperada, convirtiéndose en la primera nave estelar en completar su combustión de ascenso de duración completa.

Mientras navegaba por inercia, Starship logró varios de los objetivos adicionales de la prueba de vuelo, incluida la apertura y cierre de su puerta de carga útil (también conocida como el dispensador de pez) e inició una demostración de transferencia de propulsor. Starship no intentó el reencendido en órbita de un solo motor Raptor debido a las tasas de balanceo del vehículo durante la costa. Los resultados de estas demostraciones llegarán una vez que se complete la revisión de datos posterior al vuelo.

Starship experimentó su primera entrada desde el espacio, proporcionando valiosos datos sobre el calentamiento y el control del vehículo durante la reentrada hipersónica. Las vistas en vivo de la entrada fueron posibles gracias a los terminales Starlink que operan en Starship.

La conclusión de la prueba de vuelo se produjo durante la entrada, con las últimas señales de telemetría recibidas a través de Starlink desde Starship aproximadamente a los 49 minutos de la misión.

Algunos de los hitos importantes que se lograron son los siguientes:

- **Encendido exitoso de los motores Raptor:** Los 33 motores Raptor del propulsor Super Heavy se encendieron y funcionaron correctamente durante el ascenso.
- **Separación de etapas:** La separación de las etapas del cohete se realizó con éxito, permitiendo que la segunda etapa, Starship, continuara su ascenso.
- **Órbita terrestre:** Starship alcanzó la órbita terrestre, lo que representa un gran avance en comparación con los vuelos anteriores.
- **Pruebas de carga útil:** Se realizaron pruebas de apertura y cierre de la puerta de carga útil, así como una demostración de transferencia de combustible en órbita.
- **Reingreso controlado:** Aunque la nave no logró un amerizaje exitoso, se recopilaron datos valiosos sobre el reingreso y la resistencia térmica.



Despegue del tercer vuelo de Starship. Fuente: SpaceX.

Cuarto vuelo.

Este vuelo efectuado el 6 de junio de 2024, fue lanzado con objetivos ambiciosos, intentando ir más lejos que cualquier prueba anterior y comenzar a demostrar capacidades fundamentales para el retorno y la reutilización de Starship y Super Heavy. La carga útil de esta prueba fueron los datos.

El propulsor Super Heavy despegó con éxito y completó un ascenso de duración completa, luego Starship ejecutó con éxito otra separación de etapa caliente, apagando todos menos tres de los motores Raptor de Super Heavy y encendiendo con éxito los seis motores Raptor de la segunda etapa antes de separarse ambos vehículos.

Después de la separación, el propulsor Super Heavy completó con éxito su maniobra de volteo, la quema de impulso para enviarlo hacia la zona de amarizaje y el desprendimiento del adaptador de etapa caliente.

El vuelo del propulsor terminó con un amarizaje suave en el Golfo de México a los siete minutos y 24 segundos de vuelo.

Los seis motores Raptor de la segunda etapa de Starship impulsaron con éxito el vehículo al espacio y lo colocaron en la trayectoria planificada.

Starship realizó una reentrada controlada, superando con éxito las fases de calentamiento máximo y presión aerodinámica máxima y demostrando la capacidad de controlar el vehículo usando sus flaps mientras descendía a través de la atmósfera a velocidades hipersónicas.

Starlink en Starship una vez más permitió la telemetría en tiempo real y el video de alta definición en vivo durante cada fase de la entrada, con cámaras externas que brindan vistas hasta la conclusión del vuelo.

Este vuelo terminó con Starship encendiendo sus tres motores Raptor centrales y ejecutando la primera maniobra de voltereta y aterrizaje desde nuestra campaña suborbital, seguida de un amerizaje suave de la nave en el Océano Índico una hora y seis minutos después del lanzamiento.

Los hitos que se lograron son los siguientes:

- **Despegue exitoso:** Los 33 motores Raptor del propulsor Super Heavy se encendieron y funcionaron correctamente, permitiendo un despegue limpio
- **Separación de etapas:** La separación de las etapas del cohete se realizó con éxito, permitiendo que la segunda etapa, Starship, continuara su ascenso
- **Órbita terrestre:** Starship alcanzó la órbita terrestre y realizó maniobras en la capa superior de la atmósfera
- **Reingreso controlado:** Ambas etapas del cohete lograron un reingreso controlado y amerizaron de manera segura en el océano Índico
- **Recopilación de datos:** Se obtuvieron datos cruciales sobre el rendimiento de los motores, la aerodinámica y la resistencia térmica durante el reingreso



Vuelo de Starship. Fuente: SpaceX.



Despegue de Starship. Fuente: SpaceX.

Quinto Vuelo.

Este vuelo se realizó el 13 de octubre de 2024, siendo lo más notable el lograr capturar la primera etapa del cohete, conocida como Super Heavy, con una precisión sin precedentes utilizando los brazos de la torre Mechazilla.

Después de un exitoso despegue, ascenso, separación de etapas, impulso, el propulsor Super Heavy realizó su aterrizaje y fue atrapado por los brazos de los palillos de la torre de lanzamiento y captura en Starbase.

Starship ejecutó otra separación de la etapa, encendiendo sus seis motores Raptor y completando el ascenso al espacio exterior. Se deslizó a lo largo de su trayectoria planificada hacia el otro lado del planeta antes de ejecutar una reentrada controlada, pasando por las fases de calentamiento máximo y presión aerodinámica máxima, antes de ejecutar un giro, aterrizaje y amerizaje en su área objetivo en el Océano Índico. La prueba de vuelo concluyó en el amarizaje 1 hora, 5 minutos y 40 segundos después del lanzamiento.

Los logros del vuelo fueron los siguientes:

- **Captura de la primera etapa:** Por primera vez, SpaceX logró capturar la primera etapa del cohete, conocida como Super Heavy, utilizando los brazos de la torre Mechazilla con una precisión sin precedentes.
- **Órbita terrestre:** Starship alcanzó la órbita terrestre y realizó maniobras exitosas en el espacio.
- **Pruebas de comunicación:** Se probó un nuevo sistema de comunicación utilizando Starlink, manteniendo contacto con el módulo orbital durante la reentrada.
- **Reingreso controlado:** Ambas etapas del cohete lograron un reingreso controlado y amerizaron de manera segura en el océano Índico.
- **Mejoras en el escudo térmico:** Se implementaron nuevas placas de protección térmica, mejorando el rendimiento durante la reentrada.



Super Heavy atrapado por los brazos Machazilla. Fuente: SpaceX.

Sexto vuelo.

Este vuelo se realizó el 19 de noviembre de 2024 y consistía en repetir el aterrizaje efectuado en el vuelo cinco, encender uno de los motores Raptor de la etapa superior en el espacio y realizar pruebas de reentrada.

Este vuelo se realizó el 19 de noviembre de 2024, lanzado desde Starbase y buscaba expandir la envolvente de las capacidades de la nave y el refuerzo y acercarse a la reutilización de todo el sistema en línea.

El propulsor Super Heavy despegó con éxito al comienzo de la ventana de lanzamiento, con los 33 motores Raptor impulsándolo llevando a Starship fuera de la plataforma de Starbase.

Después de un ascenso nominal y una separación de etapas, el propulsor hizo una transición exitosa a su combustión de propulsión para comenzar el regreso al sitio de lanzamiento, pero durante esta fase, las comprobaciones de estado automatizadas del hardware crítico en la torre de lanzamiento y captura, desencadenaron un aborto del intento de captura. Luego, el propulsor ejecutó una maniobra de desvío planificada previamente, realizando un aterrizaje y un amarizaje suave en el Golfo de México.

Starship completó otro ascenso exitoso, colocándola en la trayectoria esperada, y la nave volvió a encender con éxito un solo motor Raptor mientras estaba en el espacio, demostrando las capacidades necesarias para llevar a cabo una combustión de desorbitación de la nave antes de comenzar misiones orbitales completas. Con vistas en vivo y telemetrías transmitidas por Starlink, logró superar con éxito la reentrada y ejecutó un giro, y amarizó en forma suave en el Océano Índico.

Los datos recopilados de los múltiples experimentos de protección térmica, así como el vuelo exitoso a través de velocidades subsónicas a un ángulo de ataque más agresivo, proporcionan información invaluable sobre el rendimiento del hardware de vuelo en un entorno de vuelo mientras apuntamos al eventual regreso y captura de la nave.

Con los datos y los aprendizajes de vuelo como nuestra carga útil principal, la sexta prueba de vuelo de Starship una vez más cumplió.

Las lecciones aprendidas harán que todo el sistema Starship sea más confiable a medida que nos acercamos a la reutilización completa y rápida.



Despegue de Starship. Fuente: SpaceX.



Amarizaje de Starship en el Océano Índico. Fuente: SpaceX.

Los hitos logrados son los siguientes:

- **Encendido de motor en el espacio:** Por primera vez, SpaceX logró encender uno de los motores Raptor de la nave Starship mientras estaba en el espacio, demostrando la capacidad de realizar maniobras de desorbitación.
- **Reingreso controlado:** La nave Starship reingresó a la atmósfera y realizó un amarizaje controlado en el Océano Índico.
- **Pruebas de escudo térmico:** Se probaron nuevas secciones del escudo térmico, evaluando su rendimiento en condiciones extremas durante el reingreso.
- **Recopilación de datos:** Se obtuvieron datos valiosos sobre la aerodinámica, la resistencia térmica y el comportamiento general del cohete durante todas las fases del vuelo.
- **Pruebas de comunicación:** Se mantuvo la comunicación con el módulo orbital durante el reingreso utilizando el sistema Starlink, lo que permitió una transmisión continua de telemetría.



Amarizaje del Super Heavy. Fuente: SpaceX.

Resumen.

Estos vuelos de prueba que son cruciales, le permiten a SpaceX llevar a cabo experimentos con el objetivo de desarrollar por completo a Starship y revolucionar la manera de que los seres humanos pueda acceder al espacio.

La capacidad de reutilización, que es el corazón de la estrategia de la empresa SpaceX, permite abaratar los costos de los vuelos, representando un ahorro significativo de tiempo y recursos, facilitando a SpaceX ofrecer los servicios a una mayor cantidad de clientes, como pueden ser gobiernos, empresas privadas y organizaciones científicas. Además, esto es fundamental para las futuras misiones de gran envergadura como es el transporte masivo a la Luna y la creación de colonias en Marte.

Desde su primer vuelo efectuado en abril de 2023, Starship ha mostrado avances significativos. Aunque su primer vuelo terminó abruptamente, las pruebas posteriores han llevado al cohete a ir superando los diferentes objetivos planificados para cada vuelo, que le permitirán contar con un sistema reutilizable para alcanzar la órbita terrestre, la Luna, Marte y más allá.

La recuperación del Super Heavy mediante los brazos mecánicos es uno de los avances tecnológicos más importantes en el desarrollo del Starship. Este sistema busca capturar al propulsor directamente en la torre de lanzamiento. Tiene como objetivo agilizar los procesos de reacondicionamiento y reutilización, lo que permite que el cohete esté listo para su próximo vuelo en un tiempo mucho más corto y reduce drásticamente los costos de operación.

Bibliografía:

spacex.com/launches/

spacex.com/launches/mission/?missionId=starship-flight-5

spacex.com/launches/mission/?missionId=starship-flight-6

Artículo Nº 02 /2025

LOS ACCIDENTES AÉREOS MÁS TRÁGICOS QUE DEJA EL 2024



*Por Victor Villalobos C. Director de Asuntos Aeronáuticos.
29 de enero de 2025. 10 Min. Lectura.*



El accidente de Corea del Sur fue uno de los más fatales del 2024. Fuente: Europa Press.

El año que recién termina, cierra con un mortal accidente aéreo al suroeste de Corea del Sur, este accidente es el más trágico de la aviación comercial en el contexto mundial desde el año 2018, el cual arrojó 217 muertos y decenas de heridos.

El 2024 las muertes de pasajeros de aviones ascendieron a 318 con el accidente de Juju Air Co., en Muan al suroeste de Corea de Sur y con el derribo de un avión comercial de Azerbaijan Airlines, en Kazajistán, según datos de la empresa de análisis de aviación, Cirium. Esta sería la cifra de fallecidos en accidentes aéreos más altas registrada desde 2018, cuando perdieron la vida más de 500 personas.

Aunque los accidentes aéreos con fallecidos siguen siendo hoy en día muy poco frecuentes, un suceso de este tipo puede convertirse rápidamente en una de las peores tragedias aéreas del año y de la historia.

En 1977, ocurrió el accidente de mayor envergadura en la historia de la aviación comercial, cuando dos jumbos Boeing 747 colisionaron en una pista con poca visibilidad producto de la niebla en la isla española de Tenerife. Un total de 583 de las 644 personas a bordo de los aviones perecieron en el accidente. Los investigadores españoles culparon al capitán del 747 de KLM por despegar sin autorización de los controladores de tráfico aéreo.

Accidentes aéreos más trágicos del 2024.

2 de enero de 2024.

Accidente del avión de la aerolínea japonesa Japan Airlines y aeronave de la guardia costera del Japón.

Japón.



A722A, el Dash 8 de la Guardia Costera de Japón involucrado en el accidente, fotografiado en el aeropuerto de Haneda en 2021.



Avión Airbus A350 de la aerolínea Japan Airlines, la aeronave involucrada en el accidente, fotografiada en 2023.

Un avión de pasajeros y una aeronave de la guardia costera japonesa colisionaron en una pista de Tokio. Las cinco personas en el avión de la guardia costera murieron, pero los 379 en el avión de Japan Airlines lograron salir antes que el jet se incendiara por completo.

Los 379 pasajeros y tripulantes que iban en un vuelo de la aerolínea japonesa Japan Airlines fueron evacuados sanos y salvos, luego de que la nave estallara en llamas. El avión chocó en la

pista de aterrizaje del aeropuerto de Haneda, en Tokio, con una aeronave de la Guardia Costera en la que viajaban al menos seis personas. Ese avión estaba listo para despegar en dirección a la prefectura de Niigata para prestar ayuda a una de las zonas más afectadas por el terremoto que sacudió al país asiático.

El avión de Japan Airlines estaba aterrizando en Tokio en un vuelo proveniente de la ciudad de Sapporo, en el norte del país. La emisora pública japonesa NHK informó que 14 personas de este vuelo sufrieron heridas leves. El aeropuerto de Haneda suspendió todas sus actividades.

Por su parte la Guardia Costera informó que las causas de la colisión entre ambas aeronaves están "bajo investigación". Expertos comenzaron a destacar el trabajo que realizó la tripulación para lograr que los pasajeros logaran salir con vida del accidente.

Graham Braithwaite, director de sistemas de transporte de la Universidad de Cranfield, en Reino Unido, elogió los esfuerzos realizados por la tripulación de cabina y los pilotos a bordo del vuelo de Japan Airlines (JAL). "Japón tiene un historial fenomenal en lo que respecta a la seguridad del transporte", le dijo Braithwaite a la BBC. "La evacuación ha sido un éxito y es un recordatorio de cuánto se ha invertido en la formación de la tripulación de cabina".

24 de julio de 2024.

Accidente del avión Bombardier CRJ 200 de Saurya Airlines.

Nepal.

Un avión de la aerolínea Saurya Airlines se estrelló a poco después de despegar de la capital, Katmandú, Nepal, dejando un saldo de 18 muertos; uno de los pilotos sobrevivió. El avión Bombardier CRJ 200 volaba hacia un taller de mantenimiento y la mayoría de los pasajeros eran mecánicos o empleados de la aerolínea.

Una persona sobrevivió al accidente de Saurya Airlines, informó la Autoridad de Aviación Civil de Nepal en un comunicado. Todos los pasajeros (18 nepalíes y un ciudadano yemení) eran empleados de la compañía, según la policía.



El avión de Saurya Airlines se incendió en el aeropuerto de Katmandú, Nepal, el 24 de julio de 2024.

Fuente: Navesh Chitrakar/Reuters.

El avión se estrelló durante el despegue de Katmandú hacia la ciudad de Pokhara sobre las 11 de la mañana, hora local, según declaró a CNN Gyanendra Bhul, funcionario de información del

aeropuerto internacional de Tribhuvan. El avión estaba en ruta para realizar tareas de mantenimiento técnico, añadió.

“Se iniciaron inmediatamente las labores de rescate y la situación quedó bajo control”, declaró la autoridad de aviación.

El accidente pone de manifiesto una vez más los peligros del transporte aéreo en Nepal, un país al que a menudo se hace referencia como uno de los lugares más arriesgados para volar debido a múltiples factores, entre ellos su terreno montañoso. El país del Himalaya, donde se encuentran ocho de las 14 montañas más altas del mundo, incluido el Everest, tiene un historial de accidentes aéreos. Su meteorología puede cambiar repentinamente, y las pistas de aterrizaje suelen estar situadas en zonas montañosas de difícil acceso.

Los aviones con 19 plazas o menos son más propensos a sufrir accidentes debido a estas dificultades, según un informe de seguridad de 2019 de la Autoridad de Aviación Civil. Aunque, el país introdujo mejoras en las normas de seguridad en los últimos años, sigue habiendo desafíos, y la falta de inversión en aeronaves anticuadas no hace sino aumentar los riesgos de volar.

El año pasado, Nepal sufrió el peor accidente aéreo en más de 30 años, cuando al menos 68 personas murieron al estrellarse un vuelo de Yeti Airlines cerca de Pokhara.

En mayo de 2022, un vuelo de Tara Air que salía de Pokhara se estrelló contra una montaña, y murieron 22 personas.

A principios de 2018, un vuelo de US-Bangla Airlines procedente de Dhaka, capital de Bangladesh, con destino a Katmandú se estrelló al aterrizar y se incendió, y murieron 51 personas.

Y en 2016, un vuelo de Tara Air se estrelló mientras volaba por la misma ruta que el accidente de 2023.

11 de agosto de 2024.

Accidente del avión Turbohélice ATR 72/500, operado por Voepass de Brasil.

Brasil.

Un avión con 62 personas a bordo se estrelló en una zona residencial de la ciudad de Vinhedo, en el estado de Sao Paulo, Brasil. Un informe preliminar indicó que los pilotos detectaron hielo acumulándose en el exterior del avión, lo que indicaba un posible problema con el sistema de deshielo. La aerolínea Voepass informó inicialmente, que en el vuelo viajaban 57 pasajeros y 4 tripulantes, posteriormente, actualizó la cifra a 58 pasajeros. Según las autoridades locales, no hay sobrevivientes.



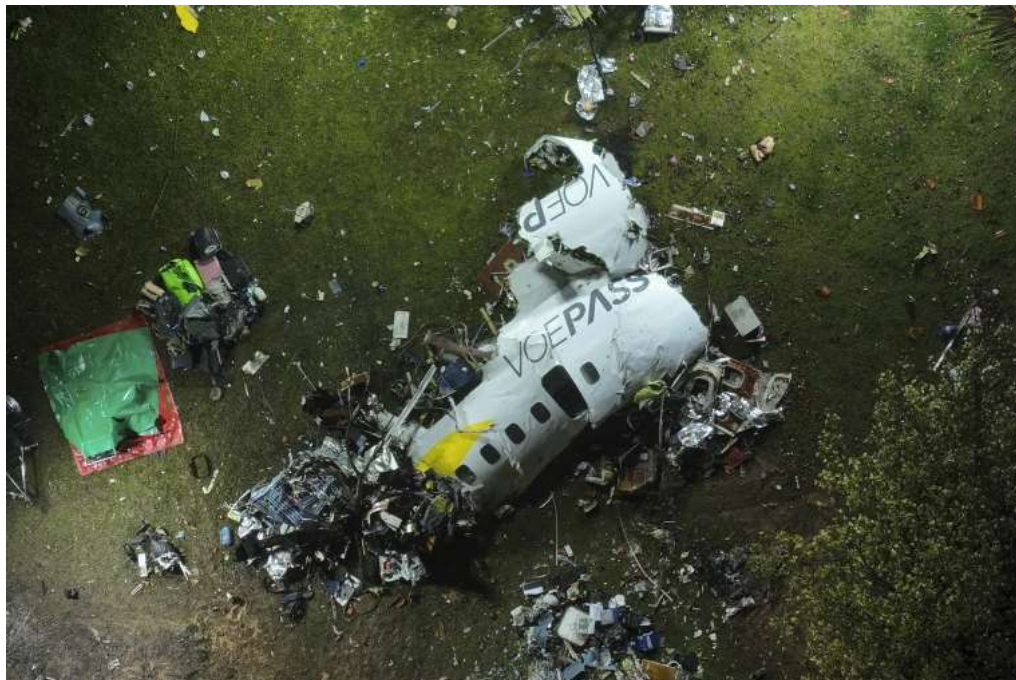
La aeronave involucrada en el accidente, un ATR 72/500, fotografiada en noviembre de 2023.

De acuerdo a la empresa propietaria de la aeronave Voepass, el avión salió de Cascavel, en el estado de Paraná, y se dirigía al aeropuerto de Guarulhos, en la ciudad de Sao Paulo.

Videos difundidos en redes sociales muestran al avión cayendo en picada mientras gira en el aire. Luego ocurre una explosión y humo negro saliendo del lugar del impacto.

El presidente de Brasil, Luiz Inácio Lula da Silva, pidió un minuto de silencio y transmitió su "solidaridad a las familias y amigos de las víctimas". "Me gustaría que todos se pusieran de pie para que podamos guardar un minuto de silencio porque acaba de caer un avión. Parece que todos han muerto", dijo el presidente al iniciar su discurso en el estado de Santa Catarina, en el sur del país.

La aerolínea Voepass dijo que "aún no hay confirmación de cómo se produjo el accidente". Se trata del accidente aéreo más mortífero en Brasil desde 2007, cuando un avión de TAM estalló en llamas, matando a 199 personas.



Restos del avión ATR 72/500, de la aerolínea Voepass de Brasil.

22 de diciembre de 2024.

Accidente de una avioneta turbohélice Piper Cheyenne 400.

Brasil

Una avioneta turbohélice Piper Cheyenne 400, se estrelló contra un centro urbano en la ciudad de Gramado, en el sur de Brasil, lo que causó la muerte de las 10 personas que iban a bordo y dejó heridas a más de una docena en tierra, según las autoridades brasileñas. La causa no ha sido revelada.

El accidente se produjo minutos después de que la aeronave despegara del aeródromo de Gramado, según la Defensa Civil Nacional. La avioneta colisionó con la chimenea de un edificio, después con una residencia y finalmente contra una tienda de muebles. Los escombros también alcanzaron un hostel, añadió la Defensa Civil.



La Defensa Civil de Rio Grande do Sul, el estado donde se encuentra Gramado, dice que al menos 17 personas resultaron heridas. La mayoría fue hospitalizada debido a la inhalación de humo del incendio provocado por el accidente, añadió el Departamento de Seguridad Pública estatal.

El gobernador de Rio Grande do Sul, Eduardo Leite, dijo que los 10 ocupantes de la aeronave murieron. La Defensa Civil del estado declaró que todos los fallecidos pertenecían a la misma familia. Las autoridades siguen investigando la causa de la tragedia.

Gramado se considera un pequeño centro vacacional de montaña popular entre los turistas, especialmente en Navidad, cuando la zona cuenta con cientos de atracciones navideñas.

25 de diciembre de 2025.

Accidente del avión Embraer 190 de Azerbaijan Airlines.

Kazajistán.

Un avión de pasajeros de Azerbaijan Airlines con 67 personas a bordo, se estrelló en el oeste de Kazajistán, tras desviarse de su ruta prevista, según informaron las autoridades azerbaiyanas, quienes declararon que 38 personas murieron por el accidente y que otras 29 habían sobrevivido a la catástrofe del Embraer 190, cerca de la ciudad de Aktau, un centro de petróleo y gas en la costa oriental del mar Caspio. El avión volaba de la capital azerbaiyana, en la ruta Bakú-Grozni, en la orilla occidental del Caspio, a la ciudad de Grozni, en Chechenia, al sur de Rusia.

El presidente de Azerbaiyán dijo que el avión fue derribado accidentalmente por Rusia. El presidente ruso Vladimir Putin se disculpó por el "trágico incidente", pero no asumió la responsabilidad.

El avión "realizó un aterrizaje de emergencia" a unos tres kilómetros de Aktau.

Se sabe que el vuelo J2-8243 de la aerolínea azerbaiyana se había desviado cientos de kilómetros de su ruta programada desde Azerbaiyán a suelo ruso, para luego estrellarse en la costa opuesta del mar Caspio. Según el organismo de control de la aviación de Rusia, la emergencia pudo ser causada por el impacto de un pájaro.

Sin embargo, un experto en aviación sugirió que esa causa parecía poco probable.



28 de diciembre de 2025.

Accidente de un avión jetliner Boeing 737/800 de Jeju Air.

Corea del Sur

Un avión jetliner Boeing 737/800 de Jeju Air, proveniente de Bangkok, Tailandia, se salió de la pista de aterrizaje y se estrelló contra una pared en el perímetro del aeropuerto internacional de Muan, a unos 300 kilómetros al sur de la capital del país, Seúl. En total viajaban 175 pasajeros y seis tripulantes en la aeronave. Entre los pasajeros había 173 surcoreanos y dos tailandeses, informó la agencia de noticias Yonhap.

Después de un intento fallido de aterrizaje, el avión recibió una advertencia de impacto de ave desde el centro de control en tierra. El piloto emitió una señal de socorro antes que el avión se estrellara, sobrepasara la pista, chocara contra una valla de concreto y se incendiara. Dos miembros de la tripulación sobreviven tras ser rescatados de la parte trasera del avión.

El accidente aéreo de Corea del Sur, registrado el 28 de diciembre, fue el más trágico y mortal del 2024. En este hecho murieron 179 de los 181 pasajeros que iban a bordo.

Aunque aún se desconoce las causas reales del incidente, se estima que pudo haber sido producto del choque del avión Boeing 737-800 con una posible ave, que afectó el tren de aterrizaje cuando se disponía a tocar tierra.

El aterrizaje de emergencia terminó siendo aparatoso, al no contar con el tren de aterrizaje desplegado, lo que hizo que se estrellara contra un muro de hormigón, convirtiéndose en la peor catástrofe aérea de la historia del país asiático y uno de los más mortíferos del mundo. Los únicos dos sobrevivientes son un hombre de 33 años y una mujer de 25 años, ambos miembros de la tripulación.



Avión Boeing 737-800 accidentado perteneciente a Jeju Airlines. Fuente: BBC News Mundo.

El departamento de bomberos presume que el impacto con un pájaro y el mal estado del tiempo son las causas del accidente, pero el hecho está siendo investigando, dijo Lee Jeong-hyun, jefe del departamento de bomberos de Muan.

Esa versión también fue transmitida por uno de los auxiliares de vuelo que sobrevivieron al accidente. La sección de cola del avión parece intacta, pero "no se puede reconocer la forma del resto del avión", dijo Lee.

Este es el accidente aéreo más grande en suelo surcoreano. Hasta ahora, el peor había ocurrido con un vuelo de Air China en 2002, donde murieron 129 personas. Además, este es el primer accidente mortal en la historia de Jeju Air, una de las aerolíneas de bajo costo más grandes de Corea del Sur, que se creó en 2005. La aerolínea de bajo coste lleva veinte años en activo y vuela a casi sesenta destinos en Asia.

Bibliografía:

BBC news mundo

Información de AFP / La República / Europa Press.



Artículo Nº 03/2025 MISIONES A MARTE Parte I

Por Álvaro Aguirre Warden. Director de Asuntos Espaciales.
05 de febrero de 2025. 14 Min. de lectura.



Foto: NASA.

INTRODUCCIÓN.

Marte, siendo el planeta más similar a la Tierra en el Sistema Solar, es un excelente lugar para investigar y determinar la existencia de vida en otros planetas. La evidencia sugiere que Marte alguna vez tuvo abundante agua, ríos, un clima más cálido y una atmósfera más espesa, creando un entorno potencialmente habitable.

El planeta rojo experimentó cambios climáticos drásticos y el estudio de sus volcanes, cráteres de impacto de meteoritos y otros procesos geofísicos proporcionarían información sobre su historia y las muestras atmosféricas podrían revelar detalles cruciales sobre la formación y evolución de Marte, que permitirían comprender mejor nuestro propio planeta y su futuro.

La exploración de este planeta ha sido un gran objetivo para el ser humano durante décadas para lo cual se han efectuado múltiples misiones espaciales a Marte de diferentes países y agencias espaciales, las que se iniciaron dentro de la carrera espacial entre Estados Unidos y la Unión Soviética durante la Guerra Fría, siendo estas misiones gran hazaña de la humanidad, ya que representan retos científicos y tecnológicos.

En el presente artículo se darán a conocer las misiones que se han llevado a cabo hacia Marte, considerando las que han sobrevolado, orbitado y llegado a la superficie sean las que han sido exitosa como las que no han logrado su objetivo.

En consideración a la gran cantidad de misiones efectuadas hacia Marte por los diferentes países, se dividirá en cuatro partes iniciando con Rusia (Ex Unión Soviética).

RUSIA (Ex URSS).

Rusia ha tenido una historia mixta de éxitos y fracasos en sus misiones a Marte, pero sigue siendo un país importante en la exploración del planeta rojo que se inició con el programa Mars en la década de los sesenta.

Programa Mars (1960-1973).

El programa Mars (Mapc en ruso, Marte) fue una serie de sondas espaciales enviadas por la URSS desde 1960 hasta 1973 con el objetivo de orbitar, realizar reconocimiento aéreo, investigación científica y posarse en la superficie de Marte.

Mars 1960A.

Mars 1960A (también conocido como Korabl 4 y Marsnik 1), lanzada el 10 de octubre de 1960 fue reportado por el Administrador de la NASA al Congreso en 1962 como un intento de una sonda a Marte. Algunos científicos soviéticos involucrados en el programa en ese momento afirman no tener conocimiento de esta misión, y que solo el lanzamiento del 14 de octubre (Marsnik 2) fue una misión a Marte. Sin embargo, V.G. Perminov, el principal diseñador de naves espaciales planetarias en la oficina de diseño de Lavochkin, asevera que esta misión estaba destinada a Marte, era idéntica a Mars 1960B y fue lanzada sin éxito en octubre de 1960.

Este habría sido el primer intento de la Unión Soviética de una sonda planetaria y los objetivos de la misión eran investigar el espacio interplanetario entre la Tierra y Marte, estudiar Marte y remitir imágenes de la superficie desde una trayectoria de sobrevuelo, y estudiar los efectos de los vuelos espaciales prolongados en instrumentos a bordo y proporcionar comunicaciones de radio desde largas distancias.

Después del lanzamiento, las vibraciones debidas a la ignición de la segunda etapa dañaron el control de cabeceo giroscópico, lo que provocó que el cohete se desviara de su curso. El procedimiento de corte de emergencia del motor se instituyó a los 309,9 segundos después del lanzamiento y la nave espacial alcanzó una altitud de 120 km antes de la reentrada, y finalmente se estrelló en el este de Siberia

Mars 1960B.

Mars 1960B (también conocida como Marsnik 2), fue una misión de sobrevuelo de Marte, lanzada el 14 de octubre de 1960, siendo el primer o segundo intento de la Unión Soviética de una sonda planetaria, dependiendo de si la sonda designada como 1960A, Marsnik 1 supuestamente lanzada cuatro días antes, fue realmente diseñada para ir a Marte.

Los objetivos de la misión eran investigar el espacio interplanetario entre la Tierra y Marte, estudiar Marte y remitir imágenes de la superficie desde una trayectoria de sobrevuelo, y estudiar los efectos de los vuelos espaciales prolongados en instrumentos a bordo y proporcionar comunicaciones de radio desde largas distancias.

Después del lanzamiento y transcurridos 290 segundos, las turbobombas de la tercera etapa no pudieron desarrollar suficiente presión para comenzar el encendido, por lo que, no se logró la órbita de estacionamiento de la Tierra y la nave espacial volvió a caer a la Tierra. Se cree que la causa fue una válvula defectuosa, que permitió que el queroseno se congelara, por lo que no pudo fluir hacia la turbobomba



Mars 1960 A/B

Mars 1.

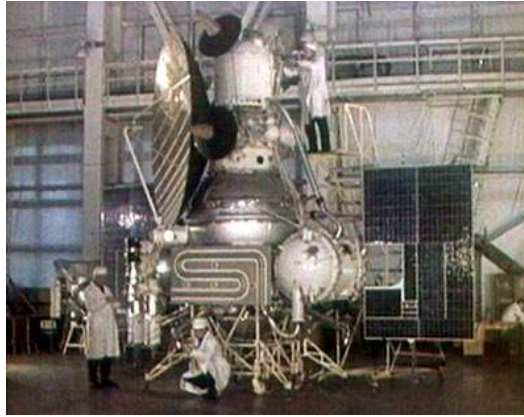
Lanzada al espacio el 01 de noviembre de 1962, fue la primera nave espacial en volar cerca de Marte, aunque las comunicaciones se habían perdido antes de que llegara al planeta. Se trataba de una nave interplanetaria automática lanzada con la intención de volar cerca de Marte a una distancia de unos 11.000 km.

Fue diseñada para obtener imágenes de la superficie y enviar datos sobre la radiación cósmica, los impactos de micrometeoritos y el campo magnético de Marte, el entorno de radiación, la estructura atmosférica y los posibles compuestos orgánicos. Después de abandonar la órbita terrestre, la nave espacial y la cuarta etapa del propulsor se separaron y se desplegaron los paneles solares. La telemetría inicial indicó que había una fuga en una de las válvulas de gas en el sistema de orientación, por lo que la nave espacial fue transferida a estabilización giroscópica. Se realizaron sesenta y una transmisiones de radio, inicialmente a intervalos de dos días y luego a 5 días en los que se recopiló una gran cantidad de datos interplanetarios.

El 21 de marzo de 1963, cuando la nave espacial se encontraba a una distancia de 106.760.000 km de la Tierra en su camino a Marte, las comunicaciones cesaron, probablemente debido a una falla en el sistema de orientación de la nave espacial. El acercamiento más cercano a Marte se produjo el 19 de junio de 1963 a una distancia de aproximadamente 193.000 km, después de lo cual la nave espacial entró en una órbita heliocéntrica.

Mars 1969A.

Lanzada el 27 de marzo de 1969, aunque nunca ha sido anunciada oficialmente, pero desde entonces ha sido identificada como un orbitador. Después de la operación exitosa de las dos primeras etapas, la tercera etapa del lanzador Proton SL-12 / D-1-e experimentó un mal funcionamiento en un cojinete del rotor que causó que la turbobomba se incendiara. El motor se apagó 438,66 segundos después del lanzamiento y explotó, los restos de la nave aterrizaron en las montañas de Altái.



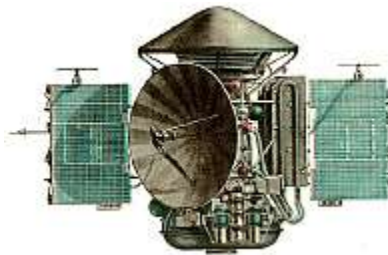
Mars 1969 A y B

Mars 1969B.

Lanzada el 2 de abril de 1969, aunque nunca fue anunciada oficialmente, pero desde entonces ha sido identificada como un orbitador. La primera etapa del lanzador Proton SL-12/D-1-e falló casi de inmediato, ya que a los 0,02 segundos después del despegue, uno de los seis cohetes de la primera etapa 11D43 explotó, y aunque el sistema de control inicialmente compensó el motor perdido y el lanzamiento continuó con 5 motores hasta que 25 segundos después del despegue y aproximadamente 1 km de altitud el cohete comenzó a volcarse a una posición horizontal y los cinco motores se apagaron y el cohete impactó y explotó 41 segundos después del despegue a unos 3 km de la plataforma de lanzamiento.

Mars 2.

La misión que se lanzó el 19 de mayo de 1971, consistió en una nave espacial con un módulo orbitador y un módulo de descenso/aterrizaje adjunto. Los principales objetivos científicos del orbitador Mars 2 eran obtener imágenes de la superficie y las nubes marcianas, determinar la temperatura en Marte, estudiar la topografía, la composición y las propiedades físicas de la superficie, medir las propiedades de la atmósfera, monitorear el viento solar y los campos magnéticos interplanetarios y marcianos, y actuar como un relé de comunicaciones para enviar señales desde el módulo de aterrizaje a la Tierra.



Mars 2 Fuente NASA

Después de ser lanzada hacia Marte desde una órbita terrestre se realizaron dos correcciones a mitad de curso los días 17 de junio y el 20 de noviembre. El 27 de noviembre de 1971, 4,5 horas antes de llegar a Marte, se expulsó el módulo de descenso, entrando en la atmósfera marciana a una velocidad aproximada de 6,0 km/s en un ángulo más pronunciado de lo previsto, y el sistema de descenso no funcionó correctamente, por lo que el módulo de amortizaje se estrelló sobre la superficie. Mientras tanto, el módulo orbital realizó un encendido para ponerse en una órbita de 1380 x 24.940 km y 18 horas alrededor de Marte con una inclinación de 48,9 grados y los instrumentos científicos generalmente se encendían durante unos 30 minutos cerca del periapsis.

El módulo orbital de Mars 2 envió un gran volumen de datos que cubrieron el período de diciembre de 1971 a marzo de 1972, aunque las transmisiones continuaron hasta agosto. Se anunció que Mars 2 habían completado sus misiones el 22 de agosto de 1972, después de 362 órbitas.

Las imágenes y los datos revelaron montañas de hasta 22 km de altura, hidrógeno atómico y oxígeno en la atmósfera superior, temperaturas superficiales que oscilaban entre -110 C y +13 C, presiones superficiales de 5,5 a 6 mb, concentraciones de vapor de agua 5000 veces menores que en la atmósfera terrestre, la base de la ionosfera a partir de 80 a 110 km de altitud, y los granos de las tormentas de polvo de hasta 7 km de altura en la atmósfera. Los datos permitieron la creación de mapas de relieve de la superficie y proporcionaron información sobre la gravedad marciana y los campos magnéticos.

Mars 3.

Lanzada al espacio el 28 de mayo de 1971 por un cohete Proton desde Baikonur, y a mitad de ruta el día 8 de junio se efectuó una corrección. El día 2 de diciembre de 1971 y a 4 horas y 35 minutos antes de llegar a Marte el módulo de descenso fue expulsado, entrando en la atmósfera marciana a una velocidad aproximada de 5,7 km/s, y a través de frenado aerodinámico, paracaídas y retrocohetes, el módulo de amortizaje logró posarse en la superficie y comenzó a operar., sin embargo, después de 20 segundos, los instrumentos dejaron de funcionar por razones desconocidas, tal vez como resultado de las enormes tormentas de polvo en la superficie que se desataron en el momento del amortizaje. Mientras tanto, el orbitador había sufrido una pérdida parcial de combustible y no tenía suficiente para posicionarse en una órbita planificada de 25 horas, por lo que se realizó una combustión mínima para poner la nave espacial en una órbita larga de 12 días y 19 horas alrededor de Marte con una inclinación que se cree que es similar a la de Mars 2 (48,9 grados).



Maqueta del módulo de aterrizaje Mars 3 en el Museo Conmemorativo de la Cosmonáutica de Rusia.

Los orbitadores Mars 2 y 3 enviaron un gran volumen de datos que cubrieron el período de diciembre de 1971 a marzo de 1972, aunque las transmisiones continuaron hasta agosto. Se anunció que Mars 2 y 3 habían completado sus misiones el 22 de agosto de 1972, después de 362 órbitas completadas por Mars 2 y 20 órbitas por Mars 3.

Las sondas enviaron un total de 60 imágenes y datos, los que revelaron montañas de hasta 22 km de altura, hidrógeno atómico y oxígeno en la atmósfera superior, temperaturas superficiales que oscilaban entre -110 C y +13 C, presiones superficiales de 5,5 a 6 mb, concentraciones de vapor de agua 5000 veces menores que en la atmósfera terrestre, la base de la ionosfera a partir de 80 a 110 km de altitud, y los granos de las tormentas de polvo de hasta 7 km de altura en la

atmósfera. Los datos permitieron la creación de mapas de relieve de la superficie y proporcionaron información sobre la gravedad marciana y los campos magnéticos.

Mars 4.

Esta nave estaba destinada a ser una misión orbital, lanzada al espacio por un cohete Proton SL-12/D1-e el 21 de julio de 1973, estableciéndose en una órbita terrestre y una hora y media después en una trayectoria a Marte, en la ruta hacia Marte se realizó una corrección el 30 de julio de 1973, llegando a Marte el 10 de febrero de 1974

Debido a la falla en el transistor que resultó en la degradación del chip de la computadora durante el viaje a Marte, los retrocohetes nunca se dispararon para reducir la velocidad de la nave a la órbita de Marte, y Mars 4 voló por el planeta a una distancia de 1844 km a las 15:34 UT. Devolvió una franja de imágenes y algunos datos de ocultación de radio que constituyeron la primera detección de la ionosfera nocturna en Marte. Continuó enviando datos interplanetarios desde la órbita solar después del sobrevuelo.

Mars 5.

Lanzada al espacio el 25 de julio de 1973 la sonda fue diseñada para orbitar Marte y proporcionar información sobre la composición, estructura y propiedades de la atmósfera y la superficie marcianas. La nave espacial también fue diseñada para actuar como enlace de comunicaciones con los módulos de amortizaje Mars 6 y 7. El orbitador recopiló datos durante 22 órbitas hasta que una pérdida de presurización en la carcasa del transmisor puso fin a la misión. Durante el periodo de funcionamiento remitió datos atmosféricos e imágenes de una pequeña porción del hemisferio sur marciano.

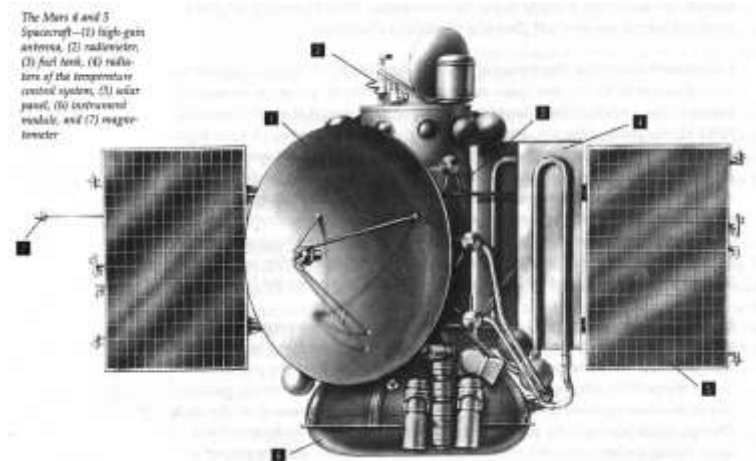


Imagen de Marte 4 y 5 de Perminov, "El difícil camino a Marte", NASA, 1999

Mars 6.

Consistía en un módulo orbital y un módulo de descenso y fue lanzada con éxito a una órbita terrestre intermedia por un cohete Proton SL-12/D-1-e el 5 de agosto de 1973, y posteriormente fue enviada a una trayectoria de transferencia a Marte, efectuándose una corrección de rumbo el día 13 de agosto de 1973, llegando a Marte el 12 de marzo de 1974.

El módulo de descenso se separó del módulo orbital a una distancia de 48.000 km de Marte, luego el módulo orbital continuó en una órbita heliocéntrica después de pasar a 1600 km de Marte, en tanto el módulo de descenso entró en la atmósfera a una velocidad de 5,6 km/s y el paracaídas se abrió después de que el módulo redujera su velocidad a 600 m/s mediante aerofrenado. Durante este tiempo, la nave estaba recopilando datos y transmitiéndolos directamente al módulo orbital para su retransmisión inmediata a la Tierra. El contacto con el módulo de descenso se perdió a en "proximidad directa a la superficie", probablemente cuando

los retrocohetes se encendieron o cuando golpeó la superficie a una velocidad estimada de 61 m/s.

Llegó a la superficie en la región Margaritifer Sinus y el módulo de descenso transmitió 224 segundos de datos antes de que cesaran las transmisiones, los primeros datos enviados desde la atmósfera de Marte, fueron desafortunadamente gran parte ilegibles debido a una falla en un chip de computadora que llevó a la degradación del sistema durante su viaje a Marte.

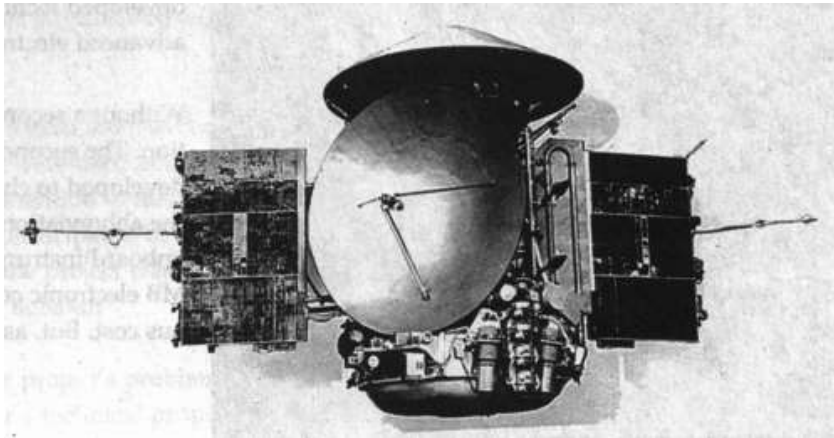


Imagen de Marte 6 y 7 de Perminov, "El difícil camino a Marte", NASA, 1999

Mars 7.

Despegó con éxito a una órbita terrestre intermedia en un cohete Proton SL-12 / D-1-e el 9 de agosto de 1973 y posteriormente fue enviada a una trayectoria de transferencia a Marte, y luego de una corrección de rumbo efectuado el 16 de agosto de 1973, llegó a Marte el 9 de marzo de 1974, pero debido a un problema en el funcionamiento de uno de los sistemas de a bordo (control de actitud o retrocohetes), la sonda de descenso se separó prematuramente y perdió el planeta por 1300 km. La separación temprana se debió probablemente a un error del chip de la computadora que resultó en la degradación de los sistemas durante el viaje a Marte. El módulo de descenso y el módulo orbital continuaron en órbitas heliocéntricas.

Misiones Fobos (1988-1989).

Fobos 1 y Fobos 2, fueron la siguiente generación en las misiones planetarias de tipo Venera y los objetivos de estas misiones eran realizar estudios del entorno interplanetario, realizar observaciones del Sol, caracterizar el entorno de plasma en la vecindad marciana, realizar estudios de superficie y atmosféricos de Marte, y estudiar la composición de la superficie del satélite marciano Fobos.

Fobos 1.

Lanzada al espacio el 7 de julio de 1988, funcionó normalmente hasta que una sesión de comunicaciones prevista para el 2 de septiembre de 1989 no se produjo. El hecho de que los controladores no recuperaran el contacto con la nave espacial se debió a un error en el software cargado el 29 y 30 de agosto, que había desactivado los propulsores de actitud. Esto resultó en una pérdida de bloqueo en el Sol, lo que resultó en que la nave espacial orientara los paneles solares lejos del Sol, agotando así las baterías.

Fobos 2.

Fue lanzada al espacio el 12 de julio de 1988 y operó sin problemas a lo largo de sus fases de crucero e inserción orbital en Marte, recopilando datos sobre el Sol, el medio interplanetario, Marte y Fobos. Poco antes de la fase final de la misión, durante la cual la nave espacial debía acercarse a menos de 50 m de la superficie de Fobos y liberar dos módulos de aterrizaje, uno era

una "tolva" móvil y el otro una plataforma estacionaria, se perdió el contacto con Fobos 2. La misión terminó cuando la señal de la nave espacial no pudo ser readquirida con éxito el 27 de marzo de 1989. Se determinó que la causa de la falla fue un mal funcionamiento de la computadora de a bordo.



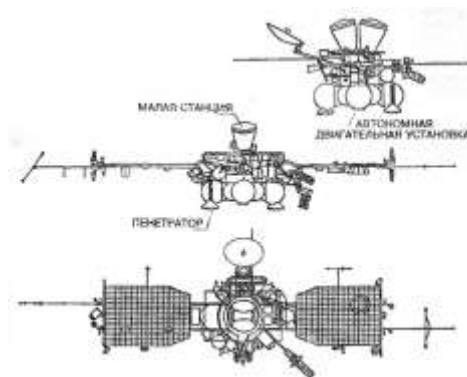
Fobos 1 y Fobos 2 Fuente: NASA.

Mars 96.

Fue el primer intento de Rusia postsoviético de lanzar una misión al espacio profundo, la que no logró escapar de la órbita terrestre en su camino hacia el planeta rojo debido a la falla del cohete. La pérdida de esta importante misión internacional a Marte marcó el comienzo de una larga pausa en el programa ruso de exploración planetaria.

Lanzada al espacio el 17 de noviembre de 1996 por un cohete Proton (8K82K, Proton-K) desde el cosmódromo de Baikonur, a la órbita terrestre, pero no logró insertarse en la trayectoria de cruce de Marte y volvió a entrar en la atmósfera terrestre alrededor el 17 de noviembre de 1996 y se estrelló dentro de un área estimada de 320 km por 80 km que incluye partes del Océano Pacífico, Chile y Bolivia.

Fue diseñada para enviar un orbitador, dos pequeñas estaciones autónomas y dos penetradores de superficie a Marte para investigar la evolución y la física contemporánea del planeta mediante el estudio de los procesos físicos y químicos que tuvieron lugar en el pasado y que tienen lugar actualmente.



Mars 96.



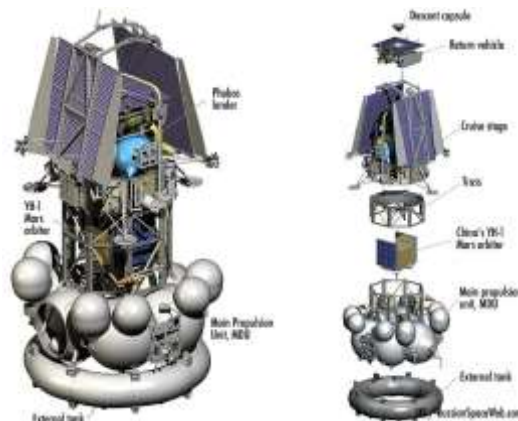
Representación artística de la nave espacial Mars-96. Crédito: NPO Lavochkin.

Phobos-Grunt.

Fue una misión diseñada para alunizar en la luna marciana Fobos y devolver una muestra a la Tierra, siendo su objetivo científico principal analizar la muestra en la Tierra para comprender el origen y reconstruir la historia de Fobos.

Los objetivos específicos fueron analizar la composición del material devuelto y determinar cómo se relacionaba con otro material del sistema solar, si contenía alguna partícula expulsada de la superficie marciana, materia protosolar o material orgánico, si se había diferenciado y en qué grado, y las edades de la muestra. Un brazo robótico habría recogido aproximadamente entre 100 y 200 gramos de muestras y las habría depositado en una cápsula de retorno que será lanzada de vuelta a la Tierra.

Phobos-Grunt fue lanzado con una misión orbital china a Marte, Yinghuo-1, el 8 de noviembre de 2011 por un cohete Zenit 2SB41.1 desde el cosmódromo de Baikonur a una órbita terrestre elíptica. El plan era usar una etapa superior Fregat para transportar a Phobos-Grunt y Yinghuo-1 en un crucero de once meses a Marte. Sin embargo, los encendidos posteriores nunca ocurrieron y la nave espacial permaneció en órbita terrestre., volviendo a entrar en la atmósfera el 15 de enero de 2012.



Arquitectura final de la nave espacial Phobos-Grunt y sus componentes principales a partir de 2011. Crédito: IKI

En la parte II se darán a conocer las misiones efectuadas por países como China, India, Emiratos Árabes Unidos, Japón y la Agencia Espacial Europea (ESA).

Artículo Nº 04/2025

¿Quién ayuda más a Ucrania? los datos que resuelven la incógnita



Por Ignacio Montes de Oca. Periodista y escritor. 10 Min. de lectura.
24 de febrero de 2025

Esta publicación, proveniente de la revista argentina Pucará/Defensa, ha sido autorizada por el Autor.

Se debate si Ucrania recibió más ayuda de EEUU o de Europa desde la invasión del 24 de febrero de 2022. Dado que lo que está en juego es la asistencia a los ucranianos en el futuro y su existencia como nación (y la hipoteca de sus recursos) vale la pena ir a los datos.

Para analizar aportes militares, financieros y humanitarios vamos a usar como base el seguimiento hecho por el Kiel Institute For The World Economics y cruzar esos datos documentados con otras fuentes de igual verificabilidad. Son muchos números, pónganse cómodos.

Empecemos por la asistencia total. Aquí Europa supera a EEUU en la ayuda asignada. En total, los europeos giraron € 132.300 millones contra € 114.300 millones de los norteamericanos. Suman € 246.500 millones y la mayor proporción, el 53,67%, corresponde a los europeos. Ahora hay que sumar la asistencia a asignar, es decir la que fue comprometida y aun no fue entregada.

En este caso Europa suma otros € 115.100 millones y a EEUU le restan € 4.649 millones, que en este último caso son los fondos establecidos por el Congreso pendientes de entrega. Es decir que, entre ambos ítems, Europa ayuda a ayudará a Ucrania por un total de € 238.000 millones y EEUU por € 118.800 millones. La proporción de cada uno sobre ese total de € 356.800 millones ahora pasa a ser de 66,7% europeo y 33,2 % estadounidense.

Puede que alguno se ofenda con las matemáticas y considere que esas proporciones no reflejan la realidad y que debe considerarse solo la ayuda militar. Es cuestionable porque la guerra se sostiene también en la retaguardia. Pero vamos a hacerle lugar a la queja. En ese caso tenemos que partir de la asistencia bilateral, es decir la que entregó cada país en forma directa. En ese caso, EEUU es sin dudas el mayor donante individual.

Pero tenemos que sumar los aportes de material militar de todo el resto y ponderarlos. EEUU entregó hasta ahora € 64.100 millones en equipos militares. Si sumamos los países europeos el total entregado es de € 61.130 millones. Pero, antes de salir a decir “te dije que EEUU gastó más”, hay que ver de nuevo el total de ayuda para ver si es el mayor donante. Si le sumamos los aportes por € 2.620 millones de Canadá, integrante de la OTAN, y de Australia por € 860 millones, el total de ayuda militar no estadounidense llega a los €64.620 millones. El esfuerzo queda casi igualado con una muy leve ventaja a favor del resto.



Pero esa cifra es engañosa, porque hay que considerar que Ucrania recibe asistencia militar multilateral por otros € 5.000 millones desde entidades formadas por naciones europeas. Es el caso de la iniciativa checa para proveerle de 2 millones de municiones a Ucrania. Hay otras similares como el Fondo Internacional para Ucrania dirigido por el Reino Unido, destinado a comprar armas para Ucrania y que recolectó € 1.600 millones. Hay otros como el Paquete de Asistencia Integral de la OTAN (PAC) que movió U\$S 860 millones.

El total de asistencia militar a Ucrania suma € 130.400 millones en todo concepto y los EEUU aportan el 49,15%. Esa diferencia se achica aún más si consideramos el préstamo que recibió Ucrania usando como garantía los U\$S 300.000 millones activos rusos embargados por Occidente. El G7 autorizó a usar ese mecanismo para un crédito por U\$S 50.000 millones a favor de Kiev y una parte será usada para la compra de armas. Dado que no se reveló cual será esa

proporción, no podemos contabilizarla, pero debemos consignar que suma al total de la asistencia militar.

Tenemos una cifra difusa porque no podemos identificar el total final, pero al menos sabemos que la ayuda militar de EEUU no es la mayor parte de lo recibido por Ucrania. Pero hay otro modo de medir la asistencia y es contando los equipos militares enviados.

Empecemos por los tanques entregados a Ucrania. EEUU no es el mayor donante. Entregó un total de 76, entre los que se encuentran 31 Abrams y 45 T-72 rusos comprados a otros países o que estaban en sus depósitos. El mayor donante europeo fue Polonia, con 354 unidades. Si vamos a los totales,

Europa le envió 883 tanques, 11,6 veces más que EEUU. Y el que le dio más tanques a Ucrania fue la empresa rusa “Ineficiencia & Co” porque, de acuerdo a los registros de Oryx, Ucrania capturó 534 tanques rusos desde febrero de 2022.

Consolidando cifras, Ucrania incrementó su arsenal de tanques en 1.493 tanques y si excluimos a Ineficiencia & Co, de los 959 tanques recibidos de occidente, el 92% vino desde países europeos. Ucrania se procuró el 35,7% de su refuerzo por sus propios medios en el frente.



Vemos a los vehículos de combate de infantería, es decir los que transportan a la tropa a la zona de combate. EEUU entregó 352 unidades de Bradley por un valor de € 669 millones. Europa le envió a Ucrania un total de 824 vehículos de todo tipo por un valor de € 1.386 millones. Si consideramos los provistos por Ineficiencia & Co, Rusia fue el mayor donante involuntario con 628 unidades. Es decir que de los 1.804 IFV recibidos en total, Ucrania consiguió el 34,8%, Europa le envió el 45,6% y EEUU el 19,5% restante. Vamos a la artillería. EEUU envió 201 cañones autopropulsados y remolcados por un valor de € 977 millones. Europa 503 por un valor de € 2.551 millones. De ese total de € 3.528 millones en artillería, el 72% fue aportado por Europa. Y además Ucrania capturó otras 260 piezas rusas.

En sistemas lanzacohetes la desproporción no es tan grande. EEUU envió 39 HIMARS y los aliados europeos 42. Ucrania capturó 54 sistemas rusos, aunque de menor calidad que sus equivalentes occidentales. Proporción de proveedores: 28% EEUU, 31% Europa y 40% autogestión ucraniana.



La cantidad de sistemas antiaéreos recibidos es clave porque el ataque a las ciudades es una de las armas usadas por Putin para devastar e intentar doblegar a Ucrania. EEUU entregó 17 sistemas valuados en € 1.513 millones; Europa 60 sistemas por un valor de € 7.420 millones. Vamos a los aviones de combate. Ucrania recibió o recibirá un total de 93 F-16 de los Países Bajos (24). Dinamarca (19), Noruega (22) y Bélgica (30). Además, 27 Mig-29 de Polonia (14) y Eslovaquia (13) y 26 Mirage 2000 franceses. En total, son 146 aparatos de combate.

Ninguno salió de los arsenales de EEUU, aunque sí otorgó el permiso de transferencia de los F-16. Pero, a diferencia del resto de los aliados, EEUU no renunció a ninguna fuerza de combate propia. Y si se contabiliza entrenamiento o equipos de apoyo, todos aportaron por igual.

Luego, hay que considerar que cada avión y pieza de artillería suele reemplazarse y allí es donde EEUU recibe una ganancia mayor que Europa, porque el 55% de las compras de armas que hicieron los países europeos fueron encargadas a fábricas estadounidenses. Europa, de acuerdo con el monitoreo del SIPRI, es responsable de un tercio de las compras de armas en 2024 e incrementó sus importaciones en un 94%. Queda claro que el vaciar sus arsenales en Ucrania y reemplazarlos es un negocio que favorece a los EEUU.

Por ejemplo, el precio final de cada F-35 vendido por EEUU ronda los U\$S 110 millones. Alemania compró 35, Holanda 40, Bélgica 34, Dinamarca 27, Finlandia 67, Italia 59, Noruega 52, Polonia 32, Grecia 20 y Reino Unido 48. Son 414 aviones, 45.540 millones en contratos solo por el F-35.

Los F-16 de Dinamarca, Bélgica, Noruega y los Países Bajos están atados a un contrato de reemplazo que beneficia a la maquinaria militar industrial de EEUU y eso representa un traspaso de recursos de la UE. Por eso la ayuda militar tiene bemoles que hay que aclarar. Ese es otro modo de medir beneficios y es el grado de encargo a fábricas nacionales de esos equipos de reemplazo. EEUU gastó un 48% de la ayuda a Ucrania en contratos que favorecieron a sus industrias. Es decir, que fue una ayuda que los ayudó a ayudarse. Alemania, de acuerdo con el Kiel Institute, encargó en un 75% los reemplazos a su industria, pero esa cifra es muy variable en el resto de los países europeos. En el Reino Unido esos encargos representan el 22% del total de la asistencia entregada a Ucrania.

Parte de esas compras no figuran como gasto militar porque los países de la UE tramitan compensaciones financieras por las armas que entregan a Ucrania y usan esos fondos para adquirir nuevas o para agrandar sus fábricas militares o construir otras nuevas. Por ejemplo, el esfuerzo multiplicador de la inversión financiera por € 100 millones para que Ucrania instale una fábrica de municiones en su territorio con la ayuda de la alemana Rheinmetall o para que Ucrania aumente su capacidad para fabricar drones.



En el caso de EEUU, la asistencia de U\$S 800 millones para mejorar la capacidad ucraniana para construir drones de largo alcance están dentro del presupuesto aprobado por el Congreso. La inversión similar de Reino Unido, Letonia y Turquía no figuran como ayuda militar. Considerando que más del 50% de los vehículos rusos destruidos en el frente son producto de la eficacia y número de los drones ucranianos, es importante aclararlo porque no siempre se identifican los fondos militares directos y los financieros que tienen el mismo propósito.

Queda por analizar la asistencia a partir del esfuerzo que realiza cada país. Esta circunstancia es política porque se vincula con el reclamo de Trump a sus socios de la OTAN para que se hagan cargo de su seguridad e incrementen su gasto en defensa a más del 4% de su PBI. Comparemos el esfuerzo que hace cada país para enfrentar a Putin a partir del monto del PBI que le destinan a asistir a Ucrania. El aporte de Estonia y Dinamarca está en el orden del 2,2%, el de Lituania en el 1,8%, el de Letonia en el 1,5% y el de Finlandia en el 1%. Si distribuimos la ayuda militar de EEUU a Ucrania en 3 años de conflicto en proporción con el presupuesto de defensa de 2025 de U\$S 885.000 millones, veremos que invirtió un 2,41% anual de ese gasto para que Ucrania carcoma el poder militar de uno de sus adversarios estratégicos.

Si lo medimos en relación a su PBI de 24.000 billones, la asistencia total entregada a Ucrania representa unos U\$S 119.000 millones o un 0,49% de su PBI, y si lo repetimos en 3 años arroja un 0,16%. El apoyo militar, se mide en un 0,08% anual de su PBI.

Por donde se aborden las cifras, EEUU no es quien hace el mayor esfuerzo en favor de Ucrania. Vamos al análisis político. Trump basó su reclamo por U\$S 500.000 millones en recursos naturales ucranianos en la idea de haber sido su principal apoyo. Como vimos, es ficción. Mas allá del deber de asistencia de EEUU por ser garante del Acuerdo de Budapest, de imponerse la idea de que Ucrania debiera pagar por la ayuda que recibe, los montos indican que Trump

debería ponerse segundo en la fila después de Europa o prorratear el reparto de manera diferente.



Trump amenaza a Ucrania con cortar la asistencia si no acepta firmar una tregua con Putin en los términos que le ordene. Y además lo apuró para que firme la cesión de recursos naturales apenas recibido el documento. Esto no lleva a preguntar ¿Puede seguir Ucrania sin los EEUU?

De hecho, no sería la primera vez que Trump le corta los recursos a Ucrania. Por orden de Trump, los legisladores de MAGA bloquearon la asistencia en el Congreso durante 9 meses entre agosto de 2023 y abril de 2024 y Ucrania pagó con la mayor pérdida territorial desde 2022. Si se observa el flujo de la ayuda militar de EEUU, puede observarse como entre octubre de 2023 y marzo de 2024 solo enviaron €1.690 millones y en el mismo lapso Ucrania se sostuvo principalmente con los aportes de Europa por € 22.400 millones. Ahora, hay nuevos cortes. Parte de la asistencia que recibía Ucrania se canalizaba por el programa USAID. En total fueron U\$S 37.000 millones desde 2022 y para 2025 se esperaban al menos U\$S 2.600 millones para programas humanitarios. La suspensión de la ayuda por 90 días es un recorte de hecho. Tampoco se prevé más asistencia militar, que debe pasar por el Congreso para ser aprobada. En noviembre de 2024, el speaker de la Cámara de Representantes y militante de MAGA Mike Johnson rechazó un proyecto demócrata para ampliar la asistencia a Ucrania. Johnson dijo que cualquier ayuda adicional al presupuesto de U\$S 61.000 millones aprobado en 2024 sería decidido por la siguiente administración. A un mes de la llegada de Trump, no se tienen noticias de nuevos paquetes de asistencia planificados para Ucrania.

Con los tiempos que toma la negociación, debate y eventual aprobación de nuevas partidas, es casi imposible que Ucrania reciba más ayuda en el primer semestre de 2025 y solo podrá recoger el remanente de la asistencia ya aprobada, menos de U\$S 5.000 millones. En la práctica, implica que el recorte del apoyo de EEUU a Ucrania ya está en curso y que, salvo por el saldo pendiente, por ahora no habrá más ayuda y la asistencia no militar ya fue recortada mientras se presiona a Zelensky para que entregue los recursos naturales ucranianos.



Esta presión cruzada entre amenazas y recortes junto a las verdaderas proporciones de la ayuda que reciben los ucranianos quizás explique el rechazo de Zelensky a Trump y el arropamiento que buscó en los países europeos. Las cifras lo explican con mayor eficacia. Sirve además para comprender la reacción de los europeos, que respondieron con mayor énfasis en relación directa con el apoyo que ya le brindaron a Ucrania y su grado de cercanía física con los deseos expansionistas de Putin. Los datos reflejan con eficacia esas actitudes.



Es posible que Zelensky haya aprendido del parto que significó la aprobación del paquete de U\$S 61.000 millones y el costo territorial que tuvo. También, que haya anotado las proporciones y el tiempo de la ayuda militar y no militar que fue llegando desde 2022. En todo caso el debate sobre quién puso más fondos está saldado y ahora importa saber quién seguirá asistiendo a Ucrania. Si Trump insiste en que EEUU es quien hizo el mayor esfuerzo, no tiene sentido esperar un debate racional habida cuenta el desapego con lo real.

En cualquier escenario, Zelensky solo tiene asegurado el respaldo de sus mayores donantes europeos y no europeos y de ellos dependerá cómo y hasta cuándo resiste, considerando con una sana dosis de crudeza lo que prevé la falacia argumental de Trump y sus actitudes anteriores. Sabiendo de dónde llega la mayor parte de esa ayuda, es sencillo entender las renuencias ucraniana y europea a la estrategia de Trump. Queda pendiente saber si Ucrania persistirá sin la ayuda de EE.UU. Esa pregunta se contesta con otra: ¿Tiene otra alternativa que resistir a Putin?

Artículo N° 05/2025

¿Consolidarán los EE.UU. un nuevo orden mundial?

Esbozo de un cambio internacional



Por Pedro Trujillo Álvarez¹, correo: miradorprensa@gmail.com.
17 de abril de 2025.

Resumen de la presentación del Profesor Pedro Trujillo Álvarez en el Webinar realizado el 16 de abril de 2025.

1. Justificación.

Los trabajos escritos comienzan, generalmente, con una hipótesis o punto de partida que se desarrolla en el cuerpo del texto hasta llegar a determinadas conclusiones. En este caso, se modifica el enfoque tradicional y se inicia por el final.

El propósito del cambio es prestar atención, desde el principio, sobre los objetivos que se desean alcanzar, permitiendo al lector reflexionar sobre los resultados a medida que avanza en la lectura. La complejidad de los actores involucrados, los cambios súbitos de la situación, y otros aspectos añaden valor a este cambio de modalidad.

2. Hechos, entorno y posiciones.

Varios actores se identifican en esta nueva dinámica internacional:

1. La Unión Europea
2. La Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN)
3. La Federación rusa
4. China
5. Estados Unidos
6. Ucrania
7. El resto de mundo

¹ Teniente coronel de Infantería (R), diplomado de Estado Mayor. Doctor en Paz y Seguridad Internacional, Instituto Universitario General Gutiérrez Mellado. Profesor universitario.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0070-1387>

3. Conclusiones.

- La situación global es más turbulenta, peligrosa e impredecible que en mucho tiempo.
- Existen riesgos y amenazas crecientes que han sido ignoradas por años, y ello supone una reacomodación de las relaciones de los EE. UU. con sus aliados europeos.
- Un eje entre China y Rusia representaría una amenaza significativa para la estabilidad global, y muy particularmente para la de los EE. UU., lo que estimula “la necesidad” de evitarla, y para ello el presidente Trump intenta negociar con Putin.
- La defensa colectiva de Occidente² puede estar en riesgo en la medida que los países europeos no asuman su costo financiero o su responsabilidad política en las decisiones comunes, particularmente las relacionadas con el pilar europeo correspondiente a la política exterior y de seguridad común. (PESC)³.
- La guerra en Ucrania representa el mayor conflicto desde la Segunda Guerra Mundial, derivado de la agresión rusa. Las debilidades de las respuestas europeas han alentado a los agresores, y los fracasos se remontan a 2014 fecha que se ocupó Crimea.
- Durante el conflicto en Ucrania es significativo el ingreso en la OTAN de Finlandia y Suecia, lo que tiene una doble lectura. De un lado, el temor a quedar fuera de dicha organización de países cercanos a Rusia. De otro, la presión por el Norte que se ejerce sobre este país.
- El impacto en el comercio y en la economía mundial puede afectar a todo el mundo, especialmente a compañías transnacionales.
- Las recientes elecciones en Alemania han servido como detonante de la reacción europea y puede representar un giro político hacia la derecha y/o el nacionalismo.

Se puede inferir que **no es probable que haya un cambio de orden mundial, pero si una reconfiguración de este**, tanto en forma como en fondo, y que se redefinan roles, gastos y liderazgos en todas las potencias mundiales, aunque dentro de actual orden multipolar y diversificado⁴.

²Ver:

https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2021/DIEEE071_2021_MARLAB_Seguridad.pdf

³ Ver: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2018/DIEEE065-2018_PCSD_JoelDiaz.pdf También en: https://www.ieee.es/Galerias/fichero/cuadernos/CE_145_PESD.pdf

4. Análisis.

El orden internacional establecido a partir de 1945 reafirmó el idealismo como teoría de las relaciones internacionales. Sin embargo, durante la Guerra Fría hubo momentos en los que el realismo estuvo muy presente⁵.

Más tarde, desaparecida la polarización Este-Oeste -tras la disolución de la Unión Soviética (URSS)-, el mundo parecía apostar por una forma más diplomática de solucionar las diferencias, una suerte de idealismo “más intenso”. Las Operaciones de mantenimiento de paz (particularmente las enmarcada en el capítulo VI de la carta de Naciones Unidas), y los procesos de resolución de conflictos, recogidos en dicho cuerpo legal, se emplearon con mayor profusión con la intención de resolver conflictos entre países o partes enfrentadas dentro de ellos. Hubo razones de peso que animaron el proceso: el desgaste mundial durante la Guerra Fría, el hartazgo social de un mundo militarizado, nuclearizado y los millones de muertos de las dos guerras mundiales.

Ese idealismo estaba basado en dos pilares fundamentales: la promoción de la democracia liberal y la búsqueda de la paz, y se sustentaba en diferentes organizaciones internacionales, el diálogo, el derecho internacional, el multilateralismo, la diplomacia y el desarme, entre los aspectos más importantes.

Desde 2001, y hasta aproximadamente el año 2020, esa reconfiguración internacional, permitió que con el tiempo Rusia se consolidara como un régimen autoritario, al servicio de Putin, e invadiera Crimea. China se expandió por el mundo y estableció una forma de control geoeconómico por medio de inversiones y adquisiciones, particularmente en América Latina, tradicional zona de influencia norteamericana. Y los EE. UU. se centraron en la lucha contra el terrorismo, los conflictos en Irak y Afganistán y en confrontar el narcotráfico, temas prioritarios después de los atentados del 9/11.

⁴ Al respecto se sugiere la lectura de:

https://www.defensa.gob.es/documents/2073105/2320762/el_gran_reto_geopolitico_del_siglo_xxi_la_mul_tipolaridad_desequilibrada_2025_dieeea06.pdf

⁵ Tovar Ruiz, Juan (2014). El idealismo wilsoniano en la política exterior estadounidense, ¿una doctrina recurrente?

La Unión Europea, por su parte, consolidó el euro y generó una dinámica de prosperidad que atrajo numerosa migración, especialmente de países africanos, pero también de Oriente Medio. Dos de sus pilares constitutivos⁶ se desarrollaron, mientras uno, el correspondiente a la política exterior y de seguridad común, quedó pendiente, ya que los Estados miembros no están dispuestos a ceder soberanía, representatividad ni el monopolístico uso de la fuerza.

En ese escenario complejo las grandes potencias tomaron diferentes direcciones. Rusia se mantiene en un conflicto bélico de tres años de duración, tras la invasión a Ucrania. Xin Jin Ping ejercer firmemente su poder⁷ y alienta una estrategia geoeconómica capaz de adquirir no importa qué ni dónde, tornando color rojo el mundo. La Unión Europea, pierde el liderazgo unificador que en su momento ejerciera Angela Merkel, y los países que la integran muestran intereses no siempre concurrentes. En los Estados Unidos, el presidente Trump es elegido por segunda vez para un periodo de cuatro años.

Y es con la llega de Trump que se inicia un ciclo en el que las relaciones internacionales se tornan realistas⁸. Las ideas que propusiera Hans Morgenthau, en su libro *Politics Among Nations. The Struggle for Power and Peace*, recuperan vigencia, y de una forma un tanto abrupta, la naturaleza conflictiva de las relaciones internacionales (segunda premisa del autor), promueve una forma de liderazgo en el que la soberanía de los Estados y las fronteras, además del unilateralismo y la amenaza del uso de la fuerza, vuelven a cobrar vigencia. La preeminencia del *Soft Power* cede su puesto al *Hard Power*, y aunque nunca fueron excluyentes, es evidente una reciente mayor apuesta por el segundo⁹.

⁶ La Unión Europea (UE) se basa en tres pilares:

- Las Comunidades Europeas (CE)
- La Política Exterior y de Seguridad Común (PESC)
- La cooperación en Justicia y Asuntos de Interior (JAI)

⁷ Es el presidente chino que lleva más tiempo en el poder

⁸ Barbe, Esther (1987). El papel del realismo en las relaciones internacionales. (La teoría de la política internacional de Hans J. Morgenthau). En:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=26941>

⁹ López Miralles, Iván (2020). Hard Power y Soft Power: ¿Dos caras de una misma moneda? En: <https://thepoliticalroom.com/blog/hard-power-y-soft-power-dos-caras-de-una-misma-monedas>

Y con el discurso del vicepresidente Vance, en la conferencia de seguridad de Munich en febrero del 2025, se inicia un debate confrontativo con el liderazgo político europeo, y surgen determinados aspectos que conviene analizar.

4.1. La OTAN y la falta de cumplimiento de lo acordado.

Una de las quejas de los EE. UU. es que sus socios en la OTAN no cumplen con el porcentaje acordado en gastos de seguridad y defensa -pactado desde 2006, y posteriormente reiterado en 2014- de un mínimo del 2% del PIB de cada país miembro¹⁰.

En el cuadro (*Tabla 3: Defense expenditure as a share of GDP and anual real change*), se

Table 3 : Defence expenditure as a share of GDP and annual real change

Based on 2015 prices

Share of real GDP (%)	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023e	2024e
Albania	1.09	1.09	1.11	1.11	1.19	1.28	1.30	1.34	1.21	1.75	2.03
Belgium	2.97	3.01	3.03	3.04	3.09	3.08	3.01	3.04	3.18	3.21	3.20
Bulgaria	1.01	1.22	1.24	1.22	1.42	1.12	1.10	1.22	1.18	1.30	2.13
Canada	1.02	1.20	1.14	1.44	1.30	1.29	1.61	1.27	1.20	1.31	1.27
Croatia	1.81	1.71	1.59	1.43	1.34	1.19	1.40	1.95	1.78	1.74	1.81
Czechia*	0.94	1.02	0.95	1.03	1.10	1.18	1.30	1.39	1.34	1.37	2.03
Denmark	1.15	1.11	1.14	1.14	1.28	1.30	1.38	1.30	1.37	2.41	2.27
Estonia*	1.93	2.02	2.07	2.01	2.01	2.04	2.30	2.04	2.18	3.04	3.40
Finland	1.43	1.45	1.42	1.30	1.39	1.45	1.53	1.46	1.48	2.09	2.41
France	1.82	1.78	1.79	1.79	1.81	1.81	2.00	1.91	1.88	1.98	2.08
Germany*	1.19	1.18	1.23	1.23	1.23	1.20	1.31	1.43	1.31	1.44	2.12
Greece	2.22	2.31	2.41	2.38	2.54	2.45	3.91	2.78	3.88	3.80	3.88
Hungary	0.88	0.90	1.00	1.19	1.01	1.24	1.76	1.52	1.94	2.05	2.11
Ireland	1.14	1.07	1.10	1.20	1.39	1.17	1.19	1.34	1.52	1.50	1.49
Latvia*	0.84	1.09	1.44	1.39	2.06	2.02	2.18	2.09	2.12	2.87	3.19
Lithuania*	0.88	1.14	1.49	1.71	1.97	2.00	2.07	1.99	2.45	2.78	2.83
Luxembourg	0.17	0.41	0.28	0.49	0.30	0.25	0.36	0.47	0.34	1.22	1.29
Malta	1.30	1.46	1.42	1.34	1.37	1.35	1.73	1.30	1.23	1.34	2.02
Netherlands	1.15	1.12	1.16	1.15	1.22	1.22	1.41	1.34	1.44	1.88	2.03
North Macedonia	1.09	1.05	0.97	0.89	0.94	1.16	1.24	1.45	1.40	1.91	2.23
Norway	1.54	1.38	1.73	1.71	1.72	1.84	1.97	1.60	1.44	1.81	2.20
Poland*	1.09	2.23	2.08	1.89	2.02	1.99	3.23	2.22	2.19	3.26	4.12
Portugal	1.31	1.35	1.27	1.24	1.34	1.37	1.40	1.52	1.40	1.40	1.50
Romania*	1.25	1.40	1.45	1.73	1.79	1.84	2.01	1.91	1.74	1.80	2.23
Slovak Republic	0.92	1.11	1.12	1.10	1.22	1.70	1.82	1.74	1.81	1.84	2.00
Slovenia	0.97	0.95	1.00	0.98	1.01	1.01	1.06	1.03	1.29	1.34	1.39
Spain	0.92	0.92	0.81	0.81	0.93	0.91	1.00	1.01	1.14	1.19	1.23
Sweden	1.08	1.05	0.97	0.97	0.97	1.04	1.09	1.42	1.45	1.88	2.14
Turkey	1.43	1.38	1.41	1.11	1.02	1.01	1.09	1.01	1.29	1.30	2.09
United Kingdom	2.14	2.05	2.08	2.06	2.18	2.08	2.08	2.29	2.29	2.30	2.30
United States	3.71	3.91	3.93	3.28	3.28	3.47	3.58	3.53	3.31	3.23	3.39
NATO Europe and Canada	1.43	1.42	1.44	1.48	1.51	1.54	1.72	1.66	1.68	1.78	2.02
NATO Total	2.08	2.48	2.48	2.39	2.40	2.52	2.89	2.63	2.51	2.53	2.71

puede observar el gasto porcentual de cada país en defensa. Sin embargo, en reuniones previas (y desde 2006) se había acordado¹¹ que:

In 2014, NATO Heads of State and Government agreed to commit 2% of their national Gross Domestic Product (GDP) to defence spending, to help ensure the Alliance's continued military readiness. This decision was taken in response to Russia's illegal annexation of Crimea, and amid broader instability in the Middle East. The 2014 Defence

¹⁰ Defense Expenditure of NATO Countries (2014-2024). En:

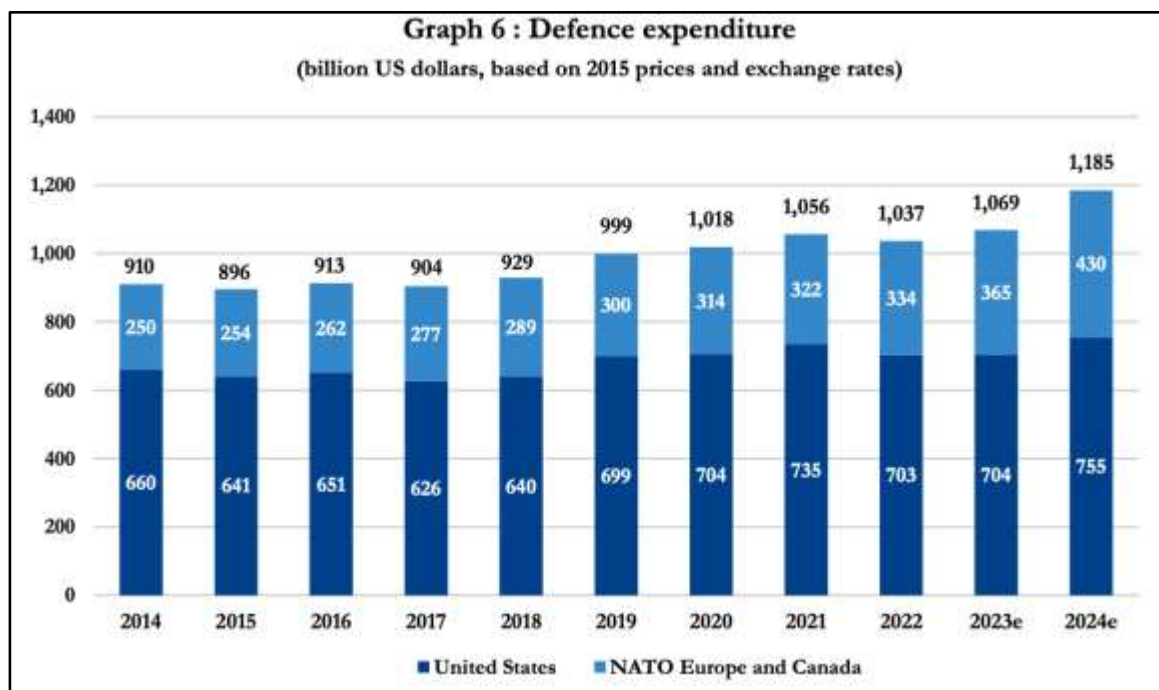
https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2024/6/pdf/240617-def-exp-2024-en.pdf

¹¹ Acuerdo en: https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_49198.htm

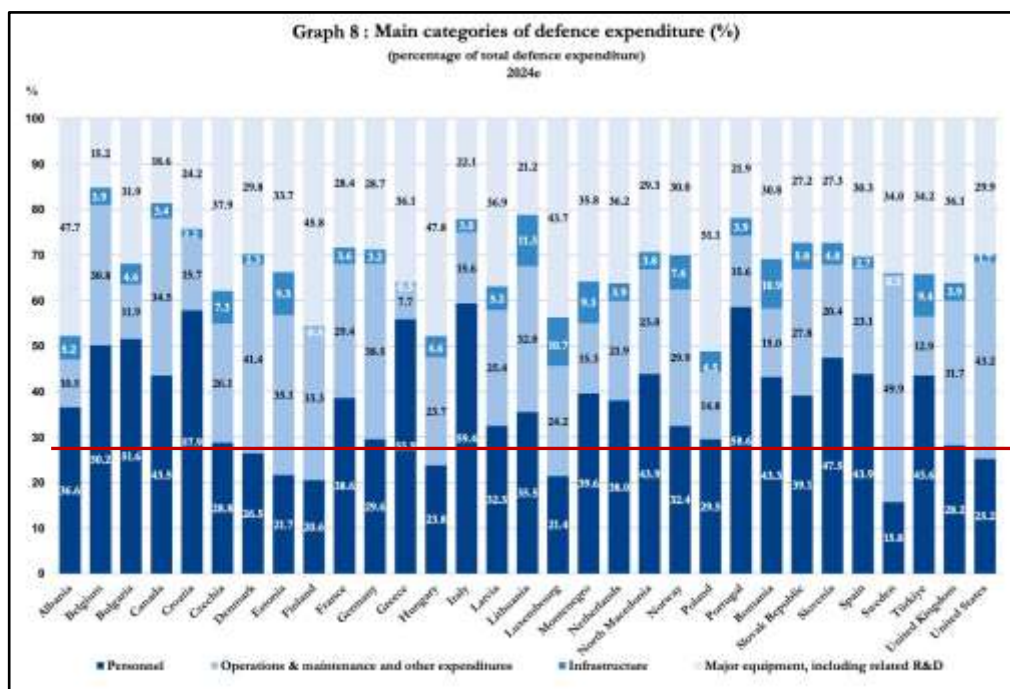
Investment Pledge built on an earlier commitment to meeting this 2% of GDP guideline, agreed in 2006 by NATO Defense Ministers. The 2% of GDP guideline is an important indicator of the political resolve of individual Allies to contribute to NATO's common defense efforts.

Por lo tanto, había un compromiso en incrementar el gasto, y hubo tiempo suficiente para hacerlo -tomando como punto de partida 2006 o 2014-, pero simplemente no se actuó, que es, muy probablemente, la excusa (o el cansancio) de una nueva administración mucho más incisiva, como es la del presidente Trump.

El desbalance porcentual señalado, también se puede observar en la cantidad total invertida en seguridad y defensa por la alianza. En el siguiente gráfico (**Table 6: Defense expenditure**) se observa como EE. UU. ha asumido desde el 72.53% del total (2014) hasta el 63.71% (2024).



Al comentario anterior hay que agregarle otros datos que lo potencian. El primero es la forma en qué se gasta el dinero, más en personal (en algunos países) que, en operaciones o infraestructura, como se puede ver en el cuadro correspondiente (**Table 8: Main categories of defence expenditure (%)**), lo que refleja la “calidad del gasto”.

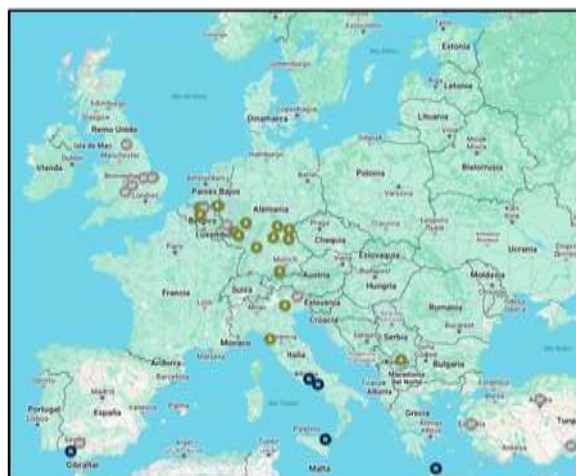


Ese desequilibrio puede generar una diferencia operativa importante de resaltar, particularmente en capacidad de actuación, armas, materiales, entrenamiento, etc., que incide en la interoperabilidad.

4.2. El discurso del vicepresidente Vance en Munich.

El hecho de que el vicepresidente Vance fuese tan contundente y hasta desafiante en su discurso en la conferencia de seguridad de

Munich (2025)¹², se puede entender desde el apoyo y la presencia de los EE. UU. en Europa, particularmente en Alemania, como se apreciar en el cuadro que recoge las bases militares en dicho continente.



¹² En: <https://ideas.gaceta.es/enfants-de-la-patrie/?scroll-event=true>

El resultado de las recién pasadas elecciones alemanas pone sobre la mesa de discusión temas hasta no abordados de forma directa y contundente: la migración en Europa, el gasto en seguridad y defensa, el liderazgo en la UE y el papel de las fuerzas armadas, particularmente las alemanas.

Paul Johnson, en su libro *Tiempos Modernos*, recrea en diferentes capítulos, el Estado de Bienestar. Cuando habla de su creación dice:

“En 1913, el ingreso total del Estado (incluido el gobierno local) como porcentaje del PBN, se reducía al 9 por ciento en Estados Unidos. En Alemania, que desde los tiempos de Bismarck había comenzado a construir una formidable estructura de medidas de bienestar social, representaba el doble, es decir el 18 por ciento; y en Gran Bretaña, que había seguido el ejemplo de Alemania desde 1906, era el 13 por ciento”.

Después de la II Guerra Mundial, Europa Occidental comenzó a reconstruirse con ayuda del Plan Marshall. El gasto estatal en áreas sociales fue incrementándose y hoy alcanza endeudamientos nacionales cercanos al 90% del PIB en la zona euro, y superior al 100% en Francia, Bélgica, España, Grecia, Italia o Portugal. El porcentaje de impuestos -por rendimiento de trabajo e IVA-, están cercanos al 30/40%, los primeros, y entre el 15/27% los segundos, según el país.

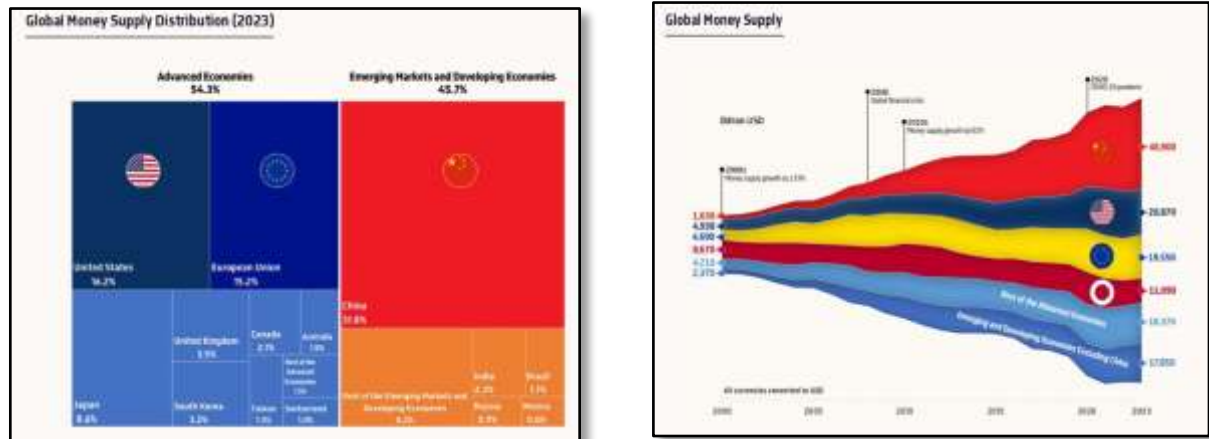
Europa disfruta de un Estado de Bienestar aceptable que requiere del financiamiento de trabajadores que no nacen en sus países, de ahí la enorme migración que contribuye y permite sistemas en los que las pirámides de edades se han invertido. Si antes un jubilado era sostenido por varios trabajadores, ahora lo habitual es que sean dos trabajadores quienes sostienen a cada pensionista, y va en aumento, lo que representa un auténtico desafío para el necesario reajuste presupuestario europeo.

4.3. El verdadero objetivo norteamericano: China.

El fondo de todo este debate no puede entenderse sin advertir la verdadera fijación estratégica de EE. UU.: China.

Diferentes informes señalan cómo el país asiático encabeza determinados indicadores que impiden a los EE. UU. ejercer el liderazgo mundial.

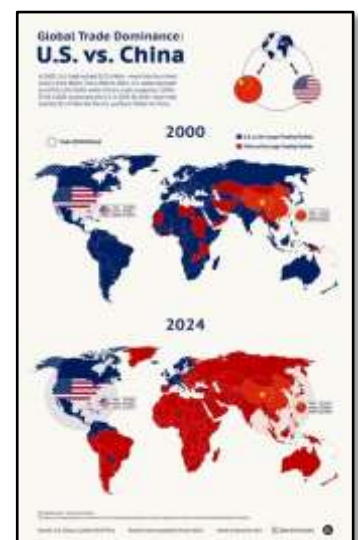
De una parte, es China el mercado más amplio en oferta monetaria, tanto porcentualmente como respecto de otros países o áreas económicas, como también en cantidad ¿Se podría desencadenar una crisis económica de utilizar China parte de sus reservas en dólares? ¿Qué capacidad de maniobra financiera le quedan a los EE. UU.



China, sin embargo, no cumple con los convenios y tratados de la OIT: horarios de trabajo, edad para trabajar, salarios, vacaciones, etc. De tal cuenta la producción es más barata y la competitividad mucho más elevada, siendo un competidor desleal ya que el ahorro que representa no cumplir con normas internacionales reduce los costos y hace imposible competir con democracias (EE. UU. o la UE) en las que si se observan esos criterios internacionales.

Es así como el dominio del mercado internacional ha cambiado sustancialmente en las dos últimas décadas, dejando un gráfico (**Global Trade Dominance**) de 2000 al 2024, como se puede apreciar.¹³

Entender esas cuestiones financieras y de seguridad -además de otras presentes en el discurso de Vaden en la conferencia de seguridad de Munich- llevan a poder analizar con un criterio más amplio esta confrontación compleja.



¹³ Información más detallada en: https://www.visualcapitalist.com/cp/how-china-overtook-u-s-in-global-trade-dominance-2000-2024/#google_vignette

4.4. Geopolítica, Geoeconomía y Geotecnología.

a) Geopolítica.

La geopolítica estudia la relación entre el poder y el espacio y su análisis implica ver la historia con el propósito específico de encarar el futuro.

De esta cuenta, resulta indispensable conocer a los autores más emblemáticos de esta disciplina y sus teorías. En el caso específico del conflicto ucraniano-ruso resalta el británico Halford Mackinder (1861 – 1947) y su teoría del *Heartland* (que puede traducirse como el corazón territorial) que presentó en su ensayo de 1904 “El Pivote Geográfico de la Historia”. En dicho ensayo Mackinder identifica una extensión territorial que va desde Europa Occidental hasta el Este de Rusia y que incluye la Península Arábiga, los países asiáticos costeros como India, China y Corea así como el Norte de África. Mackinder llamó a esta extensión territorial como la Isla del Mundo por contar con la mayor población, recursos naturales y rutas comerciales. Sin embargo, de toda esta área es eurasia, particularmente Europa del Este, Turquía y el Mar Negro el corazón territorial de la Isla del Mundo mientras que, en ese entonces, el Imperio Ruso quedaba como un pivote histórico. Así acuñó su famosa frase: *“quien controle el corazón territorial controlará la Isla del Mundo y quien controle la Isla, controlará el Mundo”*.¹⁴

Esto nos lleva a otro concepto geopolítico que conviene explicar inicialmente: el estado colchón o estado tapón. Tal denominación se adjudica a países que están entre dos potenciales enemigos, y cuya finalidad -desde la perspectiva de las potencias enfrentadas y del poder- no es otra que amortiguar una posible invasión de uno a otro o un desgaste progresivo de los ejércitos atacantes, al tener que atravesar dichos territorios entre los dos estados o bloques confrontados.

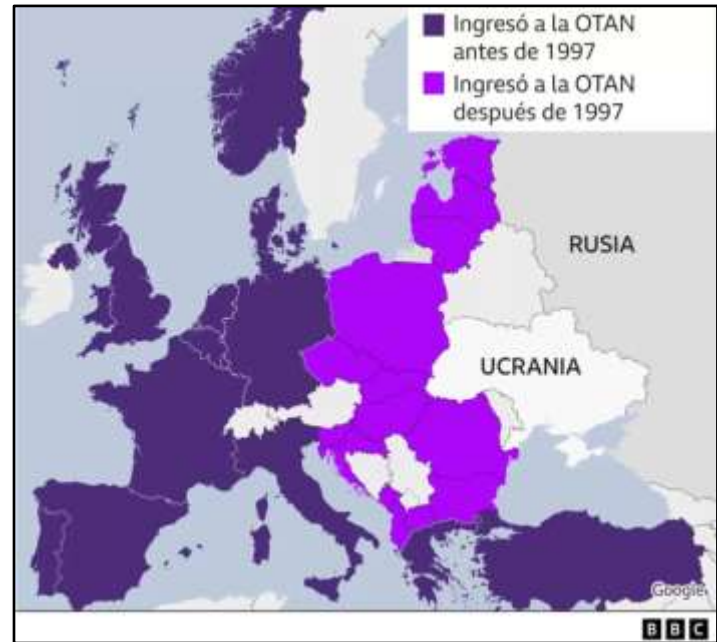
Es por lo que, tras finalizar la II guerra mundial, la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) integró a media Europa (Europa del Este) dentro de su espacio de influencia, con la finalidad de establecer un “colchón” entre la Europa occidental y la frontera rusa.

¹⁴ Para reflexionar sobre el papel de la moderna Turquía en el espacio del Mar Negro, se sugiere la lectura de Marshall, Tim (2024). El poder de la geografía. Capítulo 6: Turquía

Si Europa occidental decidía invadir Rusia, debería cruzar un enorme espacio que iniciaba en Alemania del Este, lo que le provocaría un gran desgaste y daría tiempo a los ejércitos rusos a prepararse.

Hay que recordar que Rusia se ha intentado invadir en dos ocasiones, cuestión que el mismo Mackinder señaló como un interés geopolítico europeo: Napoleón y Hitler, lo que evidentemente repercute en su pensamiento estratégico-militar y en la concepción de su seguridad. Desde 1945 hasta 1991, el orden mundial quedó así establecido y el espacio colchón europeo del Este sirvió para tales fines.

Aunado a lo anterior, en 1949 se creó la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) lo que, desde un punto de vista político- estratégico, concedió más valor a dichos estados colchón, y a la previsión soviética de establecer dicho espacio como un elemento de desgaste en caso de una agresión por parte de países integrantes de esa coalición militar. Posteriormente a la creación de la OTAN, la URSS creó el Pacto de Varsovia para defender dicho espacio “colchón” y desgastar cualquier amenaza occidental.



Desaparecido el muro de Berlín y la URSS, los estados bajo influencia soviética se fueron liberando, democratizando y progresivamente incorporando a la Unión Europea y/o a la OTAN. El espacio “colchón” se fue reduciendo y prácticamente quedó reducido a Bielorrusia y a Ucrania porque los demás países se integraron en el bloque de la antigua Europa occidental. Sin embargo, la importancia geopolítica de estos nuevos estados independientes se mantiene pues siguen siendo parte de ese pivote geográfico de Europa del Este.

Bielorrusia, al igual que Ucrania, estuvo -está- controlada por gobiernos afines a Rusia, lo que genera suficiente tranquilidad en materia de seguridad siempre que se cuente con esa dependencia política. Ucrania por su parte, en el 2013 y bajo la presidencia de Viktor Yanukóvich, intentó hacer efectiva una promesa pactada unos años atrás: el ingreso en la UE mediante un referéndum, el cual fue cancelado un día antes de su celebración debido a presiones de Moscú, lo que provocó importantes disturbios por meses, así como grandes y permanentes manifestaciones que terminaron en enfrentamientos sangrientos entre diversos grupos pro europeos y pro rusos.

No es hasta febrero de 2014 que Yanukóvich deja el poder y se refugia primero en Crimea y luego en Rusia, dando paso a nuevas elecciones con la condición de que se dejara de cuestionar el ingreso en la UE, así como a la OTAN, detonantes del conflicto.

En marzo de 2014, Rusia se anexiona Crimea y asegura salidas al mar Negro, uno de los tres lugares -el mejor de hecho- por los que puede tener acceso a los mares y océanos tanto su flota mercante como militar. La anexión de Crimea preconizaba la necesidad rusa de asegurar el mar

Negro y no seguir a expensas de los deseos ucranianos o de las presiones occidentales.

Desde dicha anexión es posible que la OTAN temiese que Rusia ocupase en cualquier momento todos los puertos ucranianos y posiblemente hubo acercamientos con el gobierno de dicho país y/o planes para que ingresase en la organización militar. De esa forma -es decir, si Ucrania ingresaba en la OTAN- Rusia no podría agredirla por temor a lo establecido en el artículo 5 del Tratado -si un país es agredido es como si lo fueran todos los integrantes- pero además la organización occidental controlaría el resto de los puertos con salidas al mar Negro, y condicionaría la libertad de acción de Rusia en lo militar, aunque también en lo económico como veremos más adelante.

El hecho de cuestionarse públicamente, durante la presidencia de Zelenski, que Ucrania podría nuevamente poner sobre la mesa la discusión de ingresar en la UE y particularmente, en la OTAN, fue motivo suficiente para alentar la invasión de Rusia que, tal y como se aprecia en la ofensiva, consolida su apropiación de los puertos del mar Negro y parece llevar a Ucrania a una negociación en la que seguramente las regiones de Lugansk y Donetsk -y quizá otras cercanas al oeste de Crimea como el puerto de Odesa-, que controlan salidas al mar de Azor, quedarán bajo control ruso de una u otra forma, frustrando las intenciones occidentales antes citadas.

b) Geoeconomía.¹⁵

La tradicional geopolítica que enmarcó las relaciones Estados Unidos-URSS en el siglo pasado, ha sido sustituida por la geoeconomía de otra potencia que disputa el orden mundial: China. Y es que mientras las democracias requieren rendición de cuentas y transparencia, los regímenes autoritarios pueden utilizar la geoeconomía como un arma sin tener que dar explicaciones a sus ciudadanos.¹⁶

El continente americano, particularmente, ha experimentado un embate de inversiones chinas precedido, normalmente, por el establecimiento de relaciones diplomáticas, y desplazado a Taiwán, efecto similar al que se produjo en el resto del mundo. A la fecha solamente Guatemala y Paraguay, además de las caribeñas islas de Haití, San Cristóbal y la Nieves Santa Lucía y San Vicente y las Granadinas, mantienen relaciones diplomáticas con la isla asiática.

El mayor embate en relación con la aproximación diplomática ha ocurrido en Centroamérica, por razones obvias de proximidad geográfica a los EE.UU. En 2007 fue Costa Rica, Panamá lo hizo en 2017, El Salvador en 2018 y en el año 2021 fue Nicaragua. En el 2023 fue Honduras tal y como anunció su presidenta durante su campaña electoral en la que se “se comprometió a romper relaciones con Taiwán a favor de Pekín”.¹⁷

¹⁵ Más información en:

- a) <https://www.chathamhouse.org/2016/12/geoeconomics-explained>
- b) <https://www.armyupress.army.mil/Journals/Edicion-Hispanoamericana/Archivos/Segundo-Trimestre-2018/La-geoeconomia/>

¹⁶ En relación con los aranceles impuestos a la mayoría de las economías del mundo, a fin de cuentas, vectores geoeconómicos, se sugiere la lectura de USTR Releases 2025 National Trade Estimate Report: <https://ustr.gov/about/policy-offices/press-office/press-releases/2025/march/ustr-releases-2025-national-trade-estimate-report>

¹⁷ <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-59608726>

Concurrentemente con lo anterior, en un reportaje publicado a inicios del 2022, y titulado: *Comercio entre América Latina y China crece sin precedentes, expertos piden "cautela"* ¹⁸, se reflexiona sobre el incremento de las importaciones desde China, juntamente con la lectura política de desplazar a Taiwán de la zona, en un plan diferido hasta el año 2049.

Según CEU-CEFAS (2023) entre 2000-2021 se realizaron 305 inversiones chinas en nuevos proyectos, por un monto total de 51,000 millones de dólares. La inversión directa fue mayormente en Brasil (35%), Perú (17%), México (10%) y Argentina, Colombia, Ecuador y otros países con porcentajes menores. Hasta 2010 el 95% de la inversión se destinó a proyectos relacionados con la extracción; a partir de 2015 se diversificó a la adquisición de empresas eléctricas, puertos, telecomunicaciones y transportes.¹⁹

Además, es llamativo, por cuanto construye un escenario de riesgo aunado a otros factores antes comentados, lo publicado en un reportaje por France24, en 2022: *"las élites políticas y económicas pueden ver a China como la prueba de que el desarrollo y la prosperidad sin democracia es posible"*²⁰. Sin duda el vector ideológico, unido a las ayudas facilitadas por el gobierno chino, y el soporte internacional que representa en el contexto internacional, anima a muchos países pequeños (como los centroamericanos) a formar parte de ese nuevo club geoeconómico, en el que "no es necesaria la democracia como sistema".²¹

Es posible que, en pocos años, el mundo puede estar "controlado" por una China que está tomando el control -directo o indirecto- de muchos países a través de la compra de deuda externa, prestamos diversos, relaciones comerciales, diferentes inversiones y como peor escenario, con el anclaje a una tecnología que desbanque la occidental, por ahora todavía líder.

⁸ <https://www.france24.com/es/programas/econom%C3%ADa/20220219-china-america-latina-comercio-economia>

También en: <https://www.bnamericas.com/es/reportajes/china-esta-marcando-mayor-presencia-en-el-sector-centroamericano-de-infraestructura>

¹⁹ <https://www.vozdeamerica.com/a/por-que-china-ha-limitado-su-inversion-en-america-latina-y-el-caribe-/7056760.html>

²⁰ <https://www.france24.com/es/programas/econom%C3%ADa/20220219-china-america-latina-comercio-economia>

²¹ Mas información en: <https://ceeep.mil.pe/2023/03/07/compromiso-de-la-republica-popular-china-con-centroamerica-una-actualizacion/>

Dos temas llaman poderosamente la atención: el interés por el control de los puertos y el fentanilo como elemento de colisión con los Estados Unidos, ambos pueden incluso estar unidos. Los precursores químicos pudieran ser esa nueva arma en una asimetría tecnológica que confronta a China con los EE. UU., muy superior en ese campo. El tema de la independencia de Taiwán podría ser una moneda de cambio en el medio o largo plazo, particularmente cuando después de la visita de la entonces presidenta de la Cámara de Representantes, Nancy Pelosi, a Taiwán (2022), China anunciara oficialmente -entre otras medidas- la suspensión de toda cooperación contra los delitos transnacionales con Estados Unidos.²²

A principios de 2023 (marzo) fueron detenidas tres personas en Guatemala al ser reclamadas por Estados Unidos por tráfico de precursores químicos importados desde China, para la fabricación de fentanilo, una droga cincuenta veces más potente que la heroína²³. Pocos días después, el gobierno de Xiomara Castro decidió romper relaciones diplomáticas con Taiwán y establecerlas con la República Popular China, dejando únicamente a Guatemala con representación diplomática de la isla asiática. A las dos acciones hay que agregarle tanto la reacción de México al problema del tráfico de precursores químicos a los Estados Unidos, como los discursos en algunos políticos norteamericanos sobre la conveniencia de que el narcotráfico esté asociado al terrorismo, algo discutido intensamente años atrás en el Comité Internacional contra el Terrorismo (CICTE) de la Organización de los Estados Americanos, y que no fue aprobado, pero también con la idea de que el ejército norteamericano pueda llevar a cabo acciones puntuales en territorio mexicano contra los cárteles que trafican esas sustancias.

En conclusión, la extensión financiera china por el continente y el acercamiento político a la frontera sur de los Estados Unidos no solamente es un elemento de preocupación para los del norte, sino una estrategia que envuelve a toda América Latina.

²² https://www.fmprc-gov-cn.translate.google/eng/zxxx/662805/202208/t20220805_10735706.html?x_tr_sl=en&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=wapp ²³ Se recomienda: <https://www.brookings.edu/role-in-the-fentanyl-crisis/>

Rusia tampoco ha estado ausente de la injerencia en la región, si bien con una estrategia muy diferente a la utilizada por China, puesto que sus intercambios comerciales con la región son mucho más reducidos que los asiáticos. Regímenes como el venezolano, el cubano y el nicaragüense han sido complacientes con los rusos, tal y como aseguran diversos analistas: “El peso estratégico de la relación se sostiene en un número limitado de países: Cuba, Nicaragua y Venezuela” (Malamut y Nuñez, 2023)²⁴, aunque con otros apoyos puntuales en organismos internacionales (El Salvador y Bolivia) en temas relacionados con la invasión a Ucrania.

El acercamiento ruso ha existido en la mayor parte de grandes países como Argentina, Brasil o México, si bien con resultados muy diferentes, y sin una incidencia significativa en la región, lo que no impide calificarlo como acciones destinadas a conseguir protagonismo frente a su rival tradicional: los Estados Unidos.

Rusia utilizó, durante la Covid-19, lo que se denominó la “estrategia de las vacunas” (China también lo hizo en menor escala) y diferentes países aplicaron la vacuna Sputnik²⁵ a su población, no sin serios cuestionamientos sobre corrupción en las compras ²⁶

Otra área de interés ruso en Latinoamérica, es la exploración minera y de recursos naturales, particularmente en Venezuela y Guatemala. El caso venezolano es más opaco, aunque ha sido evidenciado por diferentes medios; el guatemalteco es más evidente y El Departamento de Tesoro de los Estados Unidos impuso sanciones económicas al ciudadano ruso Dmitry Kudryakov y a la ciudadana bielorrusa Iryna Litviniuk, quienes financiaban y dirigían tres empresas mineras en Guatemala.²⁷

c) Geotecnología.

Se puede entender como el ejercicio del poder a través del uso y control de la tecnología y de los recursos que la hacen posible. De esa forma el adversario no podrá desarrollar sus capacidades con libertad de acción y creatividad, y se verá obligado a protegerse frente a la acción de estos nuevos medios.

²⁴ En: <https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/rusia-en-america-latina-ano-y-medio-despues-de-la-invasion-de-ucrania/>

²⁵ La vacuna Sputnik se aplicó en Argentina, Bolivia, Honduras, Guatemala, México, Nicaragua, Paraguay y Venezuela

²⁶ <https://www.elmundo.es/>²⁷ <https://dialogo-americas.com/es/>

La ciberseguridad como protección y la ciberguerra como acción son los dos principales vectores de una nueva forma de confrontación silenciosa que puede activarse a distancia y en el tiempo, y en la que es difícil localizar al inductor -enemigo- o predecir el momento en qué puede operar. Para ello se requiere de materias primas, y su posesión provoca la actual confrontación que alcanza a los países que cuentan con esos minerales y tierras raras, que son los recursos del futuro.

EE. UU. implementa una estrategia de contención e investigación, que puede auspiciar el debate de los próximos cincuenta años. De un lado, impide la proyección marítima china²⁸, pero también la económica; del otro, consigue los recursos que hagan posible desarrollar “estas nuevas armas” y negárselas al contrario. Si se mantienen abiertos otros frentes faltarían capacidades, y esa quizá sea la razón de dar carpetazo al tema del conflicto europeo. Además, Rusia se queda -momentáneamente- como un aliado norteamericano, y la UE no reaccionará a favor de China, incluso después de las elecciones alemanas posiblemente tome una postura más cercana al interés norteamericano. Simultáneamente se hace una dura ofensiva diplomática hacia los países latinos para recuperar, en la medida de lo posible, el espíritu de la doctrina Monroe, e ir desalojando -o evitar que se amplie- la influencia asiática.

En su libro “El mundo según China”, Elizabeth Economy analiza cuidadosamente los objetivos económicos, políticos y militares de Beijing, y explica el uso que hace China del poder agudo, que “se centra en la distracción y la manipulación”, tal y como lo expresó el Journal of Democracy en un informe de 2018 que describe el nuevo concepto.

28

-
- a) Alianza indo-pacífica del AUKUS. Tratado ANZUS. Diálogo de seguridad cuadrilateral QUAD. Además de la red de despliegue de las fuerzas armadas norteamericanas en la zona.
 - b) Mar del sur de China:
https://www.defensa.gob.es/documents/2073105/2320887/el_mar_del_sur_de_china_o_el_futuro_de_la_geopolitica_global_2025_dieeeo14.pdf

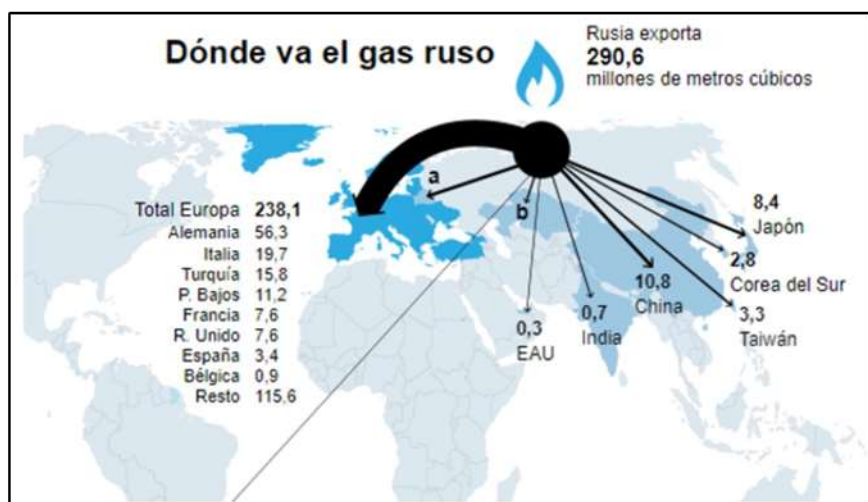
El poder agudo se exhibe cada vez más cuando Beijing utiliza el acceso al vasto mercado chino como palanca sobre las corporaciones multinacionales. Cuando, por ejemplo, los sitios web de las aerolíneas internacionales parecían sugerir que Taiwán estaba separada de China, y cuando las marcas globales declararon públicamente su preocupación por los abusos de los derechos humanos contra la minoría étnica musulmana en Xinjiang, los boicots de los consumidores organizados en la Internet estrictamente controlada de China se esgrimieron para garantizar que esas empresas rápidamente dieran marcha atrás y se ajustaran a la línea del partido. Del mismo modo, la antigua práctica de la transferencia de tecnología “coaccionada”, o la exigencia de que las multinacionales transfieran tecnología como precio para hacer negocios en el tentador mercado chino, entra en esta categoría.

La autora dedica un capítulo a dos de los objetivos más importantes de China: promover su propia tecnología para poder dominar los mercados internacionales e impulsar los estándares tecnológicos chinos para que acaben sustituyendo a los dominados por Estados Unidos, como ocurre con la 5G. Esto permitiría a Beijing dejar de pagar derechos de autor y empezar a ganarlos, así como proporcionar una ventaja sobre las empresas y los países. Al igual que con muchas de sus prioridades nacionales, Beijing ha fijado una fecha -2035- para lograr este segundo objetivo y ha comenzado a promover a sus funcionarios a los principales puestos de liderazgo en los organismos de fijación de normas, incluyendo la Unión Internacional de Telecomunicaciones y la Organización Internacional de Normalización. Esto también encaja con el deseo de Beijing de tener mucha más influencia en la gobernanza mundial, lo que le permitiría “legitimar la noción china de los derechos determinados por el Estado frente a los derechos inalienables e innatos de la persona, y de los derechos económicos y sociales frente a los derechos civiles.

4.5. El tema económico ucraniano.

El análisis del vector económico es otro de los elementos importantes en este conflicto. Las exportaciones de combustible, gas y derivados de Rusia a Europa generan una dinámica de interdependencia que es preciso tener en cuenta. Además, Ucrania es uno de los países más extensos de Europa y sus recursos están también presentes como una importante dimensión a considerar. Rusia exporta casi 300 millones de metros cúbicos de gas. De ellos, el 82% van a Europa y Turquía (recordemos que este país forma parte de la OTAN), lo que genera esa interdependencia indicada. Si Europa (o los países de la OTAN) toman medidas

económicas contra Rusia, pueden verse perjudicados ellos mismos, lo que requiere de un análisis muy detallado, especialmente en meses de invierno en los que el consumo de gas es más elevado por el frío. Quizá esa sea a la justificación de ciertas medidas tomadas “con determinada cautela”, y la necesidad de encontrarle un fin al conflicto.



Otro elemento importante que destacar es el de un país que, si bien se encuentra ajeno al conflicto, también tiene una gran importancia como lo que es Kazajistán, otra exrepública soviética que hoy cuenta con un gobierno alineado a Moscú.

Kazajistán cuenta con reservas de petróleo y gas nada despreciables y que fácilmente pudiera ser un proveedor a la UE. Con un mayor acceso de occidente al Mar Negro y una expansión de la UE a los países que tienen costas con el Mar Caspio, en particular Kazajistán, podría significar una alternativa energética para la UE que dejaría de depender de Rusia.

Además de lo anterior, y sin considerar el petróleo del que se puede hacer una reflexión similar, hay que presentar el potencial de Ucrania en relación con ciertas materias primas y capacidades, ya que el conflicto paraliza actividades y ello repercute en el abastecimiento de ciertos productos, y también en los precios.

Ucrania es líder en Europa en reservas de uranio y ocupa los primeros puestos, también en el mundo, en titanio, manganeso, hierro, mercurio, gas, recursos naturales y carbón.

En relación con la agricultura, ocupa el primer lugar en Europa de superficie cultivable y el primero en el mundo en exportaciones de girasol y aceite de girasol, además de los primeros lugares en cebada, maíz, patatas, centeno, trigo, huevos y miel de abeja.

MINERALES	AGRICULTURA	INDUSTRIA
▪ 1º en Europa en reservas de uranio ▪ 2º en Europa y 10º en el mundo en titanio ▪ 2º en el mundo en reservas manganeso (12% reservas mundiales) ▪ 2º en Europa en reservas mercurio ▪ 3º en Europa y 13º en el mundo en reservas de gas de esquino ▪ 4º en el mundo por el valor total de recursos naturales ▪ 7º en el mundo en reservas de carbón	▪ 1º en Europa en superficie cultivable ▪ 3º en el mundo en área de suelo negro ▪ 1º en el mundo en exportaciones de girasol y aceite de girasol ▪ 2º en el mundo en producción y 4º en exportación de cebada ▪ 3º productor y 4º exportado en el mundo de maíz ▪ 4º productor en el mundo de patatas ▪ 5º mayor producto de centeno ▪ 5º en el mundo en producción de miel de abeja ▪ 8º en el mundo en exportar trigo ▪ 91 en el mundo de producción de huevos de gallina ▪ 16º en el mundo en exportaciones de queso.	▪ 1º en Europa en producción amoniaco ▪ 2º en Europa y en el mundo en sistemas de gaseoductos de gas natural ▪ 3º en Europa y 8º en el mundo en capacidad instalada de centrales nucleares ▪ 3º en Europa y 11º en el mundo en longitud de red ferroviaria ▪ 3º en el mundo en producción de equipos de localización ▪ 3º en el mundo en exportación de hierro ▪ 4º mayor exportador de turbinas para centrales nucleares ▪ 4º mayor fabricante en lanzacohetes ▪ 4º en el mundo en exportaciones de titanio ▪ 8º en el mundo en exportaciones de minerales concentrados ▪ 9º en el mundo en exportaciones de productos de la industria de defensa ▪ 10º mayor productor de acero

5. Reflexiones finales.

Hay que considerar, sin embargo, los problemas de este tablero de ajedrez:

1. Trump tiene poco más de tres años, porque no es reelegible.
2. Putin es un dictador, no es de fiar y perpetuarse en el poder es su principal objetivo, además de recuperar la “grandeza rusa”.
3. China piensa a largo plazo, así que puede esperar, y
4. La UE va a una velocidad en la que suele ser superada por los acontecimientos.

Artículo N° 06/2025

EL F-16 VISTA Y LOS PILOTOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL DE COMBATE



Por Comandante de Grupo (A) Don Juan Pablo Benavente Nitsche. Oficial de la Fuerza Aérea de Chile. Oficial de Estado Mayor. Piloto de Combate. Piloto de F-16. Magíster en Inteligencia Artificial en la Universidad Adolfo Ibáñez.

25 de Abril de 2025. 10 Min. de lectura.



Esta publicación, proveniente de la Revista Fuerza Aérea de Chile, fue adaptada por el autor.

Primer combate aéreo entre la Inteligencia Artificial (IA) y pilotos humanos.

En abril de 2023 ocurrió uno de los hitos que será recordado en la historia del Poder Aeroespacial: Por primera vez un F-16 piloteado por un algoritmo de IA realizó un combate aéreo contra un F-16 al mando de un piloto humano de la Fuerza Aérea de Estados Unidos (USAF) (DARPA, 2024, Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa).

El presente artículo tiene como propósito proporcionar antecedentes que permitan comprender este importante hito histórico. Para esto, primeramente, se abordará una introducción sobre el combate aéreo uno versus uno o también llamado “Dogfight”.

Posteriormente, se describirán algunas de las tecnologías que permiten el vuelo autónomo del F-16 Vista. Luego, se observarán los hitos más importantes que llevaron a este histórico vuelo, para finalizar con algunas perspectivas de cómo esta tecnología cambiará el futuro del combate aéreo como lo conocemos hoy.

EL COMBATE AÉREO DOGFIGHT Y SU DESAFÍO PARA LOS PILOTOS.

Para comprender de mejor forma este hito histórico logrado con el F-16 Vista es necesario señalar brevemente qué se entiende por el combate aéreo Dogfight y algunos alcances sobre la dificultad que representa este tipo de maniobras para los pilotos.

Una de las habilidades más complejas de dominar en el “arte” del combate aéreo es el “Dogfight” o también conocido como combate uno versus uno. El F-16 Fighting Falcon como el que posee la Fuerza Aérea de Chile, es una de las aeronaves de 4ta generación que fue construida para combatir y ganar en el combate Dogfight.

Su maniobrabilidad y capacidades de soportar 9 veces la Fuerza de la Gravedad (9G) le confiere excelentes prestaciones para el combate. Es por estas razones que los pilotos de combate de F-16 alrededor del mundo, deben desarrollar durante muchos años de entrenamiento las habilidades, destrezas y capacidades físicas que les permitan explotar al máximo las performances del avión, además de soportar las extremas exigencias físicas a las que este tipo de combate somete a los pilotos.

El Dogfight consiste en un enfrentamiento aéreo entre dos aviones de combate, los cuales llegan a un encuentro visual que obliga a ambos pilotos a explotar las máximas capacidades de su aeronave para lograr una posición de ventaja y emplear su armamento para el derribo del avión adversario.

Esta dinámica de combate obliga a los pilotos a soportar una elevada cantidad de Fuerzas G, dificultando el uso del armamento y poniéndolos en riesgo de entrar en una pérdida de conciencia o G-lock.



Piloto de F-16 durante un entrenamiento real de combate Dogfight.

Como experiencia personal, habiendo sido instructor de F-16, uno de los desafíos más complejos para los pilotos que realizan su curso de vuelo, es la etapa de combate uno versus uno, dada la rápida dinámica tridimensional, las altas razones de acercamiento y la exigencia física asociada a altas fuerzas G. Por lo que, incluso luego de terminada la habilitación formal como pilotos de F-16 aún se requieren varios años de constante entrenamiento para lograr la eficiencia en el combate Dogfight. Como regla general en todas las Fuerzas Aéreas del mundo, los instructores son los que finalmente logran la maestría en el arte del Dogfight, reconociendo a los instructores del USAF “Weapon School” (USAF, 2024), como aquellos que poseen el mayor renombre a nivel internacional, considerando su intenso entrenamiento. Y son precisamente estos últimos los que apoyaron el desarrollo de los algoritmos de IA y el entrenamiento del F-16 Vista para lograr su capacidad de vuelo completamente autónomo y dominar en combate aire-aire.

EL F-16 VISTA Y SU AUTONOMÍA.

Para comprender cómo es posible que el F-16 Vista opere completamente autónomo es importante conocer cuáles son las características que le permiten ejecutar procesos automatizados sin IA, hasta lograr la autonomía que le confiere la IA y ser empleado en el combate Dogfight, sin necesidad de un piloto.

La automatización del F-16 no ha sido un proceso exclusivo de la Inteligencia Artificial, muchos modelos actualmente poseen capacidades de vuelo sin control del piloto, siendo el más básico el piloto automático y el más avanzado el sistema de recuperación autónomo para prevenir accidentes producto de la pérdida de conciencia ante G-Lock, denominado AUTO GCAS (Lockhead Martin, 2024). El sistema aun cuando no use IA es capaz de reconocer que el avión está en una condición de vuelo que se proyecta a generar un impacto con el terreno y mediante el computador de vuelo automáticamente generar los comandos para recuperar

la condición de vuelo recto y nivelado, esperando que el piloto recobre la conciencia, salvándole la vida a decenas de tripulaciones a la fecha.

El F-16, a diferencia de otros aviones de combate, posee un sistema de control de vuelo que cuenta con un computador que recibe los inputs de los controles del piloto y mediante un proceso en tiempo real, genera los comandos de movimientos de las superficies de control de la aeronave, logrando la intención de movimiento generada por piloto. Estas capacidades de un sistema de control de vuelo que comanda el movimiento es la que permite el funcionamiento del Piloto Automático y del sistema de recuperación AUTO GCAS, pero también es la interfaz que fue usada para reemplazar los inputs manuales del piloto por comandos digitales generados por un programa de Inteligencia Artificial en el vuelo autónomo del F-16 “Vista”.



F-16 “Vista” durante vuelos de prueba autónomos.

LOS PRIMEROS PASOS DEL F-16 “VISTA” EN EL AMBIENTE VIRTUAL.

La Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa DARPA es un organismo Estatal de los Estados Unidos que ha impulsado innovaciones que han cambiado el mundo por más de 60 años, como por ejemplo internet, los vehículos autónomos y la tecnología para aviones furtivos (Hambling,2021). Y el logro del vuelo de combate autónomo del F-16 “Vista”, bajo el alero de esta agencia, será recordado como otro hito que seguramente cambiará la historia del Poder Aeroespacial.

DARPA el año 2018 inició el programa Evolución del Combate Aéreo (ACE) el cual buscaba automatizar el combate aire-aire y contribuir a generar confianza como un camino hacia adelante en la creación de equipos Humano Máquina (DARPA, 2020), aplicando algoritmos de Inteligencia artificial, llamados “Agente de IA”, para resolver el problema del combate aéreo, siendo el primer paso para lograr el vuelo autónomo del F-16 “Vista”.

Para llevar adelante el programa ACE se generó una competencia entre las empresas más importantes de IA en EE.UU., para elaborar un algoritmo de IA que fuera capaz de entrenar a un F-16 virtual en un ambiente de simulación y combatir en Dogfight. La particularidad de dicho entrenamiento radicaba en que el algoritmo debía ser capaz de entrenar desde los

movimientos más básicos que permitían un vuelo coordinado del avión, hasta llegar a dominar las tácticas para ganar en el combate uno a uno, en un ambiente altamente dinámico donde cada segunda marca la diferencia entre ganar o perder el combate.

Estos encuentros entre los Agentes de IA fueron denominados “Alpha Dogfight Trial” (ADT), donde las empresas pusieron en competencia sus algoritmos capaces de entrenar, volar y combatir con un F-16 en un ambiente simulado. En los eventos que tuvieron lugar durante 2 años, la empresa Lockheed Martin y Heron fueron las mejores entre 8 competidores, demostrando las capacidades de aprendizaje y efectividad de sus Agentes de IA en el combate Dogfight. Pero para lograr el objetivo de construir confianza en la efectividad de la IA, se realizó un evento final que consideró un combate simulado entre el Agente de IA de la empresa Heron, ganadora del ADT, contra un piloto instructor del USAF “Weapon School”.



Izquierda: Imagen publicitaria del concurso AlphaDogfight Trail.

Derecha: Piloto instructor del USAF “Weapon School” contra la IA.

El resultado fue sorprendente e inesperado, la IA fue capaz de derrotar 5 veces sin perder ningún combate, demostrando con esto las capacidades de la IA para dominar el arte del combate aéreo (JHAPL, 2020).

DEL MUNDO VIRTUAL A LA REALIDAD.

“En menos de tres años, los algoritmos de inteligencia artificial (IA) desarrollados bajo el programa de DARPA progresaron desde controlar simulaciones de F-16 realizando combates aéreos en pantallas de computadora hasta controlar un F-16 real en vuelo.” (-DARPA, 2023).

El 17 de abril del año 2024 se publicó oficialmente los detalles de cómo el programa F-16 “Vista”, mediante el uso de algoritmos de aprendizaje de máquinas (Machine Learning), pasó del mundo virtual a vuelos de pruebas reales, logrando materializar combates uno contra uno contra otros jets tripulados (AFRL, 2024).

Para llegar a este vuelo de combate, desde diciembre del 2022 y abril de 2023, la Escuela de Pilotos de Prueba de la USAF y DARPA comenzaron pruebas de vuelo reales con agentes de IA volando el F-16 “Vista”. Y en septiembre de 2023, llegó el momento de que el “VISTA” se enfrentara cara a cara con un piloto humano.

Las pruebas se realizaron en el espacio aéreo sobre la Base Edwards de la USAF, en California. La seguridad inicial del vuelo se estableció primero utilizando maniobras defensivas en donde el F-16 piloteado mantenía constantemente su posición de seguridad.

Para lograr la confianza y precisión requerida, el equipo programadores a cargo de los algoritmos del Vista realizó más de 100.000 líneas de cambios críticos en el software de vuelo a lo largo de 21 vuelos de prueba, llegando así a generar la confianza necesaria para cambiar a enfrentamientos ofensivos de alto aspecto nariz con nariz, donde los aviones de combate se acercaron a 2.000 pies (610 mts.) a una impresionante velocidad de 1.200 millas náuticas por hora (2.000 Kilómetros por hora).



Imagen conceptual de combate entre un F-16 Vista y un F-16 tripulado.

Para estas pruebas, un piloto de pruebas se mantuvo monitoreando el comportamiento de vuelo, dentro del F-16 Vista durante el combate, con la finalidad de intervenir en caso de que la seguridad de vuelo se viera comprometida, sin embargo, de acuerdo con los informes este piloto no tuvo nunca la necesidad de intervenir, ejecutando de manera completamente autónoma todo el vuelo, siendo un completo éxito y representando un hito histórico para la aviación.

Mientras que el combate Dogfight autónomo era el escenario primario de pruebas, este desarrollo no ha llegado a su final, el propósito de este proyecto es llegar a generar la confianza necesaria para integrar una amplia gama de aeronaves con pilotos autónomos que puedan emplearse en equipos humano máquina bajo el concepto de aviones de combate colaborativos. Por lo que el éxito del Vista contribuirá a establecer una base para la colaboración ética y confiable entre humanos y máquinas para aplicaciones militares y civiles complejas (DARPA, 2024).

FUTURO DEL PODER AÉREO A VELOCIDAD DE MÁQUINA.

A medida que la inteligencia artificial y los sistemas de autonomía avanzada llegan al campo de batalla, el futuro de la guerra se moverá a velocidades de máquina y como resultado también debemos permitir que nuestros pilotos luchen estas futuras batallas con precisión

de máquina. Por lo tanto, también necesitamos investigar y desarrollar asistentes virtuales inteligentes para trabajar con operadores y pilotos para pensar, razonar, reaccionar, responder y planificar a velocidades de máquina con precisión de máquina (JHAPL, 2020).



Imagen conceptual de integración de IA con pilotos humanos.

Los pilotos de inteligencia artificial revolucionarán la aviación de combate, ofreciendo ventajas estratégicas y operativas significativas. Aunque existen desafíos técnicos y éticos, la rápida evolución de estas tecnologías promete transformar la dinámica del combate aéreo en las próximas décadas.

El hito del primer vuelo de combate controlado por IA del F-16 Vista es solo el comienzo de una nueva era en la aviación militar, donde la colaboración entre humanos y máquinas redefinirá el futuro del combate aéreo.

En camino al centenario de nuestra Fuerza Aérea de Chile, debemos observar estos acontecimientos históricos, no como simples espectadores de una película de ciencia ficción, sino más bien como aviadores del centenario que tendremos la responsabilidad de prepararnos para liderar y llevar adelante los cambios que nos permitan triunfar en los complejos escenarios en los que la Inteligencia Artificial hará que la ficción se vuelva realidad.

BIBLIOGRAFÍA:

AFRL. (2024, April 17). *USAF Test Pilot School and DARPA announce breakthrough in aerospace machine learning*. One AFRL – One Fight.

<https://www.afrl.af.mil/News/Article-Display/Article/3745032/usaf-test-pilot-school-and-darpa-announce-breakthrough-in-aerospace-machine-lea>

DARPA. (2023). *ACE Program's AI Agents Transition from Simulation to Live Flight*.

<https://www.darpa.mil/news-events/2023-02-13>

DARPA. (2024). *ACE Program Achieves World First for AI in Aerospace*.

<https://www.darpa.mil/news-events/2024-04-17>

Hambling, D. (2021). *An Insider's View Of DARPA, The World's Most Advanced Research Agency*. Forbes.

<https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2021/01/29/an-insiders-view-of-darpa-the-worlds-most-advanced-research-agency/>

JHAPL. (2020). *AI Bests Human Fighter Pilot in AlphaDogfight Trial at Johns Hopkins APL / Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory*.

<https://www.jhuapl.edu/news/news-releases/200828-AI-bests-human-fighter-pilot-in-AlphaDogfight-trial-at-APL>

Lockheed Martin. (2024). *Auto GCAS: Collision Avoidance System*. Lockheed Martin.

<https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/autogcas.html>

USAF. (2024). *USAF Weapons School*.

<https://www.nellis.af.mil/About/High-End-Training/USAF-Weapons-School/>

https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=E_HUrfQqUmA: The Most Realistic Dogfight Footage Ever Recorded

Artículo N° 07/2025 PROGRAMA ESPACIAL IRANÍ



Por Álvaro Aguirre Warden, Director de Asuntos Espaciales.
05 de mayo de 2025. 10 Min. de lectura.

En este artículo se dará a conocer el programa espacial iraní, considerando los satélites que han enviado al espacio, los vectores utilizados para ello, desafíos actuales, objetivos futuros, el financiamiento, asimismo, las preocupaciones que esto ha despertado en Estados Unidos.

El programa espacial de Irán comenzó aproximadamente en el año 2001 y ha contado con la asistencia y cooperación de países como Rusia, China y Corea del Norte, a través de esta colaboración, Irán ha desarrollado tecnología espacial propia y ha logrado lanzar al espacio sus propios satélites utilizando cohetes de desarrollo local

El 3 de febrero del año 2009, Irán lanzó y puso en órbita con éxito, su primer satélite nacional de procesamiento de datos, denominado Omid (esperanza, en español), el cual había sido construido en cooperación con científicos extranjeros, de esta forma, Irán logró ingresar en el espacio por primera vez después de la Revolución Islámica y se convirtió en el noveno país en lanzar un satélite a la órbita terrestre. Unos meses después de este lanzamiento, Irán comenzó la fabricación de un satélite de forma independiente.

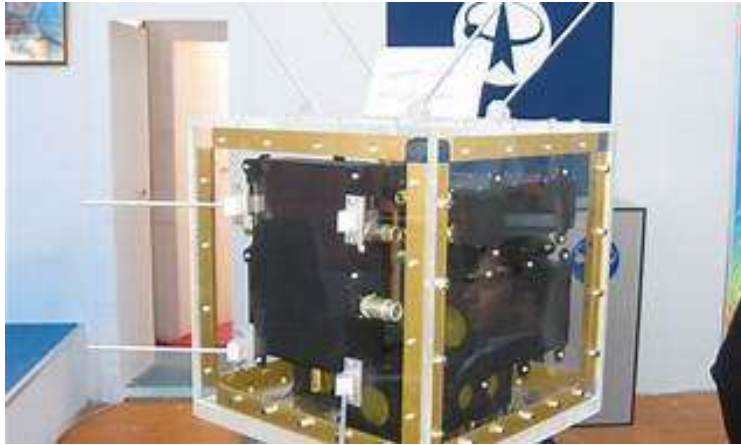
SATÉLITES LANZADOS AL ESPACIO POR IRÁN.

OMID.

El satélite Omid es el primer satélite artificial de producción y lanzamiento completamente iraní, fue lanzado desde la provincia de Semnán el 2 de febrero de 2009 mediante el cohete Safir y puesto en una órbita baja.

Es un satélite de diseño cúbico con un lado de 40 centímetros y una masa de 27 kg., funciona con baterías con una vida útil de 50 días.

Omid es el segundo satélite iraní en órbita, ya que en 2005 se había lanzado el Shina-1, pero este en colaboración con Rusia.



Satélite Omid Fuente:IRNA.

ZAFAR.

El 9 de febrero del año 2020, la República Islámica lanzó al espacio el satélite de observación científica Zafar de fabricación propia¹, con un peso de 113 kilos y equipado con cámaras de alta resolución, mediante el cohete portador Simorgh (fénix, español), también de fabricación nacional, en el marco de su programa espacial. El lanzamiento fue exitoso, pero no alcanzó la órbita designada, debido a que al motor del cohete le faltaron 12 segundos más de funcionamiento.

El satélite Zafar-2, segundo satélite de esta serie, estaba previsto para ser lanzado al espacio en junio de 2020 pero fue demorado y se previó su lanzamiento para marzo de 2023² pero no se ha tenido nueva información para su lanzamiento.

NOUR.

La Fuerza Aeroespacial del Cuerpo de Guardianes de la Revolución Islámica (CGRI), en abril de 2020 lanzó al espacio su primer satélite militar, denominado Nour (luz en persa), el cual orbitó a 425 kilómetros de la superficie de la Tierra y funcionó hasta abril de 2022. Este satélite fue utilizado para las operaciones de reconocimiento como también, un apoyo estratégico en las operaciones de comunicación y navegación.

El segundo satélite militar de la serie, Nour-2 fue lanzado al espacio en marzo de 2022, y se encuentra a una altura de 500 kilómetros sobre la Tierra. El tercer satélite militar, Nour-3 fue lanzado al espacio en octubre de 2023 y se encuentra a una altura de 462 kilómetros sobre la Tierra.

El propósito del satélite Nour-3 es la inteligencia, la vigilancia y el reconocimiento, y está equipado con una tecnología de imagen más avanzada que produce imágenes de mayor calidad en comparación con su predecesor, Nour-2 y también cuenta con sensores diferentes a las versiones anteriores.

Los tres satélites Nour han sido lanzados al espacio a través del cohete Qased (Mensajero), fabricado completamente en Irán por la Fuerza Aeroespacial del CGRI.

¹ [Irán lanza con éxito el satélite de fabricación nacional Zafar | HISPANTV](#)

² [Iran to launch Zafar-2 Satellite in coming weeks \(globalsecurity.org\)](#)

“El satélite Nour-3 está equipado con cámaras y participará en la recogida de señales”, “A finales de año tendremos el lanzamiento de dos satélites más”, dijo el general de brigada Hayizade, quién efectuó estas declaraciones tras el exitoso lanzamiento de satélite de imágenes Nour 3 al espacio. “Con los avances que estamos logrando en esta dirección, en un futuro no muy lejano tendremos una constelación de satélites en órbita”, señaló.

CÁPSULA BIOLÓGICA.

En febrero de 2010 Irán envió al espacio su primera biocápsula utilizando el cohete Kavoshgar -3 (explorador) con una rata, dos tortugas y una lombriz, mientras que en 2013 enviaron a un mono al espacio y que regresó a la Tierra con el animal indemne.

En diciembre de 2023 Irán puso en órbita una cápsula para astronautas de prueba, en un nuevo paso para enviar al espacio a la primera misión tripulada iraní, planificada para 2031. La cápsula de 500 kilogramos se situó en una órbita de 130 kilómetros tras su lanzamiento según medios iraníes³.

La misión tiene como objetivo poner a prueba el lanzamiento, la velocidad del control de los sistemas, el diseño aerodinámico y otros aspectos del aparato,

El portavoz calificó la prueba como “muy buena”. Los medios iraníes calificaron el aparato como una “cápsula biológica”, pero no especificaron si contiene animales u otros seres vivos.



El lanzador Salman de Irán despega con una cápsula biológica

NAHID.

El satélite de telecomunicaciones Nahid-1 será lanzado al espacio por el lanzador ‘Zolyanah’, utilizando combustible sólido. El aparato, desarrollado a nivel nacional, orbitará a 250 kilómetros sobre la tierra, y podría permanecer en el espacio durante un máximo de dos años y medio.

“El satélite Nahid-1 ha sido construido totalmente y está listo para ser lanzado”, ha declarado el ministro de Tecnología de Información y Comunicaciones de Irán, Mohamad Yavad Azari Yahromi.

³ [Irán Logra Exitoso Lanzamiento de 'Cápsula de Vida' al Espacio - Cadena Política](#)
[Irán lanza una 'cápsula biológica' a la órbita terrestre baja • - Espanol News](#)

El titular ha detallado que otros dos satélites, Pars-2 y Nahid-2, están en las últimas fases de construcción.

La Agencia Espacial de Irán tiene planes para lanzar otros satélites, incluidos Pars-1, Pars-2, Zafar-2 y Nahid-2, los cuales orbitarán a 500 kilómetros sobre la tierra.

FAJR.

Fajr (significado aurora o amanecer en farsi) es un pequeño satélite de 50 kg construido por IEI (Iran Electronics Industry) para el gobierno iraní, lanzado al espacio el día 2 de febrero de 2015 en un cohete Safir 1B, clasificado como 'satélite experimental. En 2012 Irán intentó lanzar en dos ocasiones un satélite Fajr, pero ninguno alcanzó la órbita por fallas del lanzador.

CHAMRAN-1.

El 14 de septiembre de 2024, fue lanzado al espacio por un cohete Ghaem-100 y alcanzó una órbita de 550 kilómetros, y de acuerdo con un informe de la agencia estatal IRNA, este satélite, pesa unos 60 kilos, tiene la misión principal de analizar los sistemas de hardware y software para poner a prueba la tecnología de maniobra orbital en diferentes alturas y fases.



Satélite "Chamran-1" (West Asia News Agency/Handout via REUTERS).

LANZADORES DESARROLLADOS POR IRÁN.

SAFIR.

Este cohete de significado embajador en persa, fue el primer vehículo de lanzamiento desechable capaz de colocar un satélite en órbita., siendo su primer lanzamiento exitoso el día 2 de febrero de 2009, cuando colocó en órbita el satélite Omid en una órbita de apogeo de 245,2 km.

Las dimensiones del cohete son: Altura: 22 metros, Diámetro: 1.25 metros, Masa de lanzamiento: 26 toneladas, Capacidad de carga útil: Hasta 50 kg en órbita baja terrestre (LEO)



Cohete Safir.

QASED.⁴

Este cohete (significa “mensajero” en persa) es un lanzador espacial iraní que ha sido lanzado en tres ocasiones (22 de abril de 2020, 8 de marzo de 2022 y 27 de septiembre de 2023), todas con éxito, poniendo en órbita los satélites militares Nour 1, Nour 2 y Nour 3.

Aunque no hay muchos datos disponibles sobre el Qased, se cree que combina una primera etapa de combustible líquido (propergoles hipergólicos) y una segunda etapa de combustible sólido. La primera etapa deriva del misil balístico Qadr 110 (Ghadr) y es similar a la del lanzador Safir.



Traslado de un Qased a la rampa (IRNA).

⁴ [Los lanzadores iraníes Simorgh, Qased y Qaem 100 - Eureka \(naukas.com\)](#)

QAEM 100.⁵

Este cohete, conocido como Ghaem 100 (de significado vertical en persa), es un lanzador espacial de carga liviana y desechable desarrollado por el CGRI y presentado el 5 de noviembre de 2022, siendo el primer cohete de la familia Qaem.

Es el primer cohete de tres etapas con propulsión sólida y que tiene la capacidad para colocar un satélite de hasta 80kg en una órbita de 500 kilómetros de altura.

Historial de lanzamientos.

El 05 de noviembre de 2022 realizó el primer vuelo Suborbital.

El 04 de marzo realizó el primer vuelo Orbital, llevando el satélite de comunicaciones Nahid-1, pero no logró ponerlo en órbita.

El 20 de enero de 2024 realizó su segundo vuelo Orbital, y colocó en órbita el satélite Soraya en una órbita de 750 km. Rompiendo el record de altitud previo de Irán.



El Qaem 100 en la rampa sobre su TEL. Fuente: IRNA.

SIMORGH. (Safir 2A)⁶

Este cohete (de significado fénix en persa), es un lanzador de carga liviana y desechable que fue presentado el 5 de noviembre de 2022.

A veces se le denomina Safir-2A, y se basa en el misil de alcance medio Shahab 3, que a su vez es una versión mejorada del Nodong 1 norcoreano.

Es un cohete de tres etapas con propulsión sólida fabricado por Irán, con capacidad de colocar un satélite de 80 kilos en una órbita de 500 kilómetros de altitud.

El lanzamiento de tres satélites simultáneamente utilizando el cohete Simorgh, ha generado preocupación en los países occidentales debido a su posible impacto en el desarrollo de los misiles balísticos de Teherán.

⁵ [Los lanzadores iraníes Simorgh, Qased y Qaem 100 - Eureka \(naukas.com\)](#)

⁶ [Los lanzadores iraníes Simorgh, Qased y Qaem 100 - Eureka \(naukas.com\)](#)



Cohete Simorgh con el satélite Zafar.

Los lanzamientos recientes:

Tres Satélites Simultáneos (28 de enero de 2024)⁷: En su séptimo lanzamiento, el Simorgh logró impulsar simultáneamente tres satélites de fabricación nacional: Mahda, Keyhan-2 y Hatef-1. Estos satélites pertenecen a la Agencia Espacial de Irán (ISA) y fueron colocados en una órbita a una altitud de 450 kilómetros sobre la Tierra.

Satélite Mahda: Pesa 32 kg y está diseñado para probar subsistemas satelitales avanzados y evaluar el rendimiento del Simorgh en la inyección múltiple en órbita baja.

Nanosatélites Keyhan-2 y Hatef-1: Estos satélites, con un peso inferior a 10 kg, pertenecen a la serie de satélites cúbicos de la Compañía de Industrias Electrónicas de Irán (SAIRAN).

El Keyhan-2 está diseñado para determinar la posición espacial independientemente de los sistemas de posicionamiento global.

El Hatef.1 demuestra el uso de la tecnología del internet en la banda estrecha.



El nanosatélite Hatef-1, de fabricación iraní.

⁷ [Irán pone en órbita tres satélites simultáneamente por primera vez | Euronews](#)
[Avances en campo espacial: Irán pone en órbita otros 3 satélites | HISPANTV](#)

ZULJANAH.

Este cohete (también conocido como Zoljanah) es un Vehículo de Lanzamiento de Satélites (SLV), fabricado por el Ministerio de Defensa y Logística de las Fuerzas Armadas de Irán y realizó su primer vuelo de prueba suborbital el 31 de enero de 2021 y su segundo vuelo suborbital lo efectuó el 26 de junio de 2022, se tienen planificado dos vuelos más a futuro.

Este cohete mide 25,5 metros de longitud y tiene un peso de 52 toneladas, utiliza un motor de combustible sólido de 1,5 metros de diámetro en las dos primeras etapas, con 74 toneladas de empuje. La tercera etapa utiliza un motor de combustible líquido (UDMH / N2O4) con un diámetro de 1,25 metros y un empuje de 3,5 toneladas. Puede llevar un solo satélite de hasta 220 kg o una constelación de diez pequeños cubesats de 20 kg a la órbita terrestre baja

El Zuljanah es el tercer vehículo de lanzamiento de satélites civiles fabricado en Irán, después del Safir y el Simorgh y es considerado el primer vehículo de lanzamiento de satélites de combustible híbrido (combustible sólido/líquido) diseñado y fabricado localmente.

Es móvil por carretera, requiere poco tiempo de carga de combustible y puede ser lanzado por Transporte Erector Launchers (TEL), lo que ha generado preocupaciones sobre su posible naturaleza encubierta como el primer IRBM.



Cohete Zuljanah

DESAFÍOS ACTUALES DEL PROGRAMA ESPACIAL.

Los desafíos actuales que enfrenta el programa espacial de Irán son diversos y pueden incluir:

Restricciones Internacionales: Irán ha enfrentado sanciones y restricciones impuestas por la comunidad internacional debido a preocupaciones sobre su programa nuclear y otras actividades. Estas restricciones también afectan su programa espacial.

Tecnología y Capacidades Limitadas: Aunque Irán ha logrado avances significativos, todavía se encuentra detrás de las principales potencias espaciales en términos de tecnología y capacidades. La falta de acceso a tecnologías avanzadas y la necesidad de desarrollar sistemas autóctonos son desafíos importantes.

Financiamiento y Recursos Limitados: El financiamiento insuficiente y los recursos limitados dificultan la expansión y el desarrollo continuo del programa espacial. La inversión en infraestructura, investigación y desarrollo es esencial para superar estos obstáculos.

Cooperación Internacional Complicada: Aunque Irán busca colaborar con otros países, la política internacional y las tensiones regionales pueden dificultar la cooperación efectiva en proyectos espaciales conjuntos.

Seguridad y Estabilidad: La región de Oriente Medio enfrenta desafíos de seguridad y estabilidad. Esto puede afectar la planificación y ejecución de misiones espaciales.

Percepciones y Relaciones Externas: La percepción internacional del programa espacial iraní puede influir en su capacidad para establecer relaciones de cooperación y confianza con otros actores espaciales.

OBJETIVOS FUTUROS DEL PROGRAMA ESPACIAL Y PRÓXIMOS PROYECTOS ESPACIALES.

Los objetivos futuros del programa espacial de Irán incluyen:

Exploración Científica: Irán tiene la intención de continuar explorando el espacio para estudiar fenómenos cósmicos, investigar la atmósfera y comprender mejor nuestro universo.

Satélites de Observación de la Tierra: Irán planea desarrollar y lanzar más satélites de observación de la Tierra para monitorear el clima, la agricultura, los recursos naturales y otros aspectos terrestres.

Satélites de Comunicación y Navegación: El país busca mejorar su infraestructura de comunicaciones y navegación mediante el despliegue de satélites dedicados a estas funciones.

Investigación Espacial: Irán continuará realizando investigaciones científicas en el espacio, como estudios sobre microgravedad, biología espacial y tecnologías avanzadas.

Participación Internacional: El programa espacial iraní busca colaborar con otros países y organizaciones en proyectos conjuntos, intercambio de conocimientos y desarrollo conjunto de tecnología espacial.

Los próximos proyectos espaciales incluyen:

Satélites Fabricados en el País: La Agencia Espacial de Irán tiene previsto enviar al espacio siete satélites fabricados en el país y planea lanzar otros a órbitas más altas. Además, se ha informado que al menos dos satélites serán lanzados en los próximos meses⁸.

Exploración Científica Continua: Irán continuará explorando el espacio para estudiar fenómenos cósmicos, investigar la atmósfera y comprender mejor nuestro universo.

Satélites de Observación de la Tierra: El país seguirá desarrollando y lanzando satélites de observación de la Tierra para monitorear el clima, la agricultura, los recursos naturales y otros aspectos terrestres.

⁸ Irán lanzará dos satélites más al espacio antes de que finalice el año - IRNA Español

Investigación Espacial y Desarrollo Tecnológico: Irán continuará realizando investigaciones científicas en el espacio, como estudios sobre microgravedad, biología espacial y tecnologías avanzadas.

FINANCIAMIENTO DEL PROGRAMA ESPACIAL DE IRÁN.

El programa espacial se financia a través de diversas fuentes:

Presupuesto Gubernamental: El gobierno iraní asigna fondos específicos para el desarrollo y la ejecución de proyectos espaciales. Estos fondos provienen del presupuesto general del país.

Instituciones Espaciales: Irán cuenta con instituciones dedicadas al espacio, como la Agencia Espacial de Irán (ISA). Estas organizaciones reciben financiamiento directo del gobierno para llevar a cabo investigaciones, lanzamientos de satélites y otras actividades espaciales.

Colaboración Internacional: A pesar de las sanciones y restricciones, Irán ha colaborado con otros países en proyectos espaciales. La cooperación internacional puede proporcionar financiamiento adicional y acceso a tecnología avanzada.

Inversión Privada: Aunque en menor medida, algunas empresas privadas en Irán también pueden invertir en el programa espacial. Esto puede incluir inversiones en investigación, desarrollo y lanzamientos.

Recursos Propios: Irán ha desarrollado tecnología espacial autóctona, lo que significa que algunos componentes y sistemas se fabrican internamente. Los recursos propios, como la experiencia científica y la infraestructura, también contribuyen al financiamiento del programa.

POSICIÓN DE ESTADOS UNIDOS.

Estados Unidos estima que, detrás del programa espacial, la República Islámica oculta un proyecto para desarrollar misiles balísticos con capacidad para llevar ojivas nucleares y viajar a grandes distancias, potencialmente con capacidad para golpear países de Europa y Oriente Medio.

Asimismo, para Estados Unidos, el programa espacial de Irán es peligroso, no pacífico y lo ratificó a través de una declaración de prensa del Secretario de Estado Michael R. Pompeo el día 25 de abril de 2020, en donde da a conocer los motivos de dicha aseveración⁹.

De acuerdo a Estados Unidos, los vehículos de lanzamiento de satélites de Irán incorporan tecnologías idénticas e intercambiables a las de los misiles balísticos, incluidos los sistemas de largo alcance como los misiles balísticos intercontinentales (ICBM).

Estados Unidos ha impuesto sanciones específicas al programa espacial de Irán en diferentes momentos. A continuación, se proporcionan detalles sobre algunas de estas sanciones:

⁹ [El programa espacial de Irán es peligroso, no pacífico – Traducciones \(state.gov\)](#)

Sanciones de 2019:

En septiembre de 2019, Estados Unidos impuso sanciones a la Agencia Espacial de Irán y a dos de sus institutos de investigación, por la preocupación de que Irán pudiera utilizar el programa espacial como una excusa para desarrollar misiles balísticos¹⁰.

Cualquier ciudadano o residente de Estados Unidos podría enfrentar consecuencias legales por interactuar con el programa espacial iraní, y sirvieron, además como advertencia a la comunidad científica internacional sobre la colaboración con el programa espacial de Irán.

Sanciones de 2023:

En junio de 2023, Estados Unidos sancionó a siete individuos y seis entidades basados en Irán, China y Hong Kong. Estas sanciones se dirigieron a aquellos que supuestamente apoyaban el programa iraní de misiles balísticos².

Otras Sanciones:

En marzo de 2022, Estados Unidos impuso sanciones adicionales contra la unidad de los Cuerpos de la Guardia Revolucionaria Islámica, responsable de la investigación y el desarrollo de misiles balísticos, así como contra las Industrias Químicas Parchin de Irán y un intermediario iraní involucrado en la adquisición de piezas para impulsar misiles

CONCLUSIÓN.

Irán se encuentra dentro del selecto grupo de países que son capaces de diseñar, fabricar y lanzar sus satélites al espacio, y es la única en la región de Asia Occidental que se ha enfocado en desarrollar el área de fabricación de lanzadores de satélites, a pesar de ser blanco de las sanciones económicas impuestas por Estados Unidos.

Irán busca expandir su sector aeroespacial, y de esta manera poder utilizar satélites para diversas aplicaciones, incluida la gestión de tierras agrícolas y actividades de investigación.

Teherán ha declarado que sus actividades aeroespaciales son “actividades pacíficas” y estas se basan en la doctrina de defensa, por lo tanto, no representan una amenaza alguna para otros países.

La Agencia Espacial de Irán proyecta fabricar satélites de imágenes, con una precisión de un metro, para el año 2025, año en el que finaliza el actual Programa de Visión Nacional de Irán.

El programa espacial de Irán ha avanzado significativamente en las últimas décadas, logrando hitos importantes en la exploración y uso del espacio. Sin embargo, también ha sido objeto de controversias y tensiones a nivel internacional.

En los próximos 10 años, la República Islámica de Irán pretende convertirse en la principal zona regional en el desarrollo de tecnologías espaciales y en la prestación de servicios de lanzamientos espaciales¹¹.

¹⁰ [EE. UU. impone sanciones a programa espacial de Irán – DW – 03/09/2019](#)

¹¹ [Irán inicia implementación de programa espacial de 10 años – Prensa Latina \(prensa-latina.cu\)](#)

Estados Unidos ha utilizado sanciones como una herramienta para presionar a Irán en relación con su programa espacial y sus posibles implicaciones en el desarrollo de misiles balísticos.

Estados Unidos y sus aliados, observan atentamente la actividad de lanzamiento de Irán, porque los cohetes que lanzan satélites son primos cercanos de los misiles que pueden transportar armas, incluidas ojivas nucleares, a largas distancias.

AAW Información obtenidas de fuentes abiertas

Irán lanza con éxito el satélite de fabricación nacional Zafar | HISPANTV

Irán inicia implementación de programa espacial de 10 años - Prensa Latina (prensa-latina.cu)

Irán pone en órbita una cápsula de prueba para astronautas - Ciencia - Vida - ELTIEMPO.COM

Irán lanzará dos satélites más al espacio antes de que finalice el año - IRNA Español

El programa espacial de Irán es peligroso, no pacífico - Traducciones (state.gov)

En órbita pone Irán una capsula de prueba para astronautas - BluRadio

A pesar de los desafíos y tensiones internacionales, Irán sigue comprometido con la exploración y el uso pacífico del espacio⁴.

EE. UU. impone sanciones a programa espacial de Irán - DW - 03/09/2019

Irán pone en órbita tres satélites simultáneamente por primera vez | Euronews



Artículo N° 08 /2025

EL CONTROL DE TRÁFICO AÉREO EN LA SEGURIDAD OPERACIONAL

Por Victor Villalobos Collao. Director de Asuntos Aeronáuticos.
13 de mayo de 2025. 10 Min. Lectura.



Cada vez que un avión despegue y cruce los cielos de manera segura, hay detrás un equipo de profesionales trabajando incansablemente para que todo salga bien: Los controladores de tránsito aéreo.

El control de tráfico aéreo(ATC por sus siglas en inglés Air Traffic Control), es uno de los pilares claves en el complejo mundo de la aeronáutica actual. Este servicio esencial opera como un sistema de gestión y administración del tránsito de aeronaves en los distintos espacios aéreos y terminales, tanto en aeródromos como aeropuertos. Su función es crítica: coordinar de manera segura y eficiente la interacción de la aviación comercial, privada y deportiva, resguardando no solo la separación entre aeronaves, sino también, optimizando el uso de las rutas aéreas, reduciendo el impacto ambiental y garantizando un flujo ordenado de aterrizajes y despegues.

El ATC cumple así un rol insustituible en la prevención de accidentes y la seguridad operacional del sistema aeronáutico, aportando con profesionalismo y precisión a cada etapa del vuelo.

Este servicio es proporcionado por controladores de tráfico aéreo, ubicados en centros y torres de control, quienes organizan y regulan el movimiento de las aeronaves en los diferentes espacios aéreos. Estos profesionales, además, brindan información aeronáutica y de apoyo a los tráficos en los espacios aéreos controlados y no controlados.

Esta labor se considera un trabajo invisible, su impacto en la seguridad operacional es indiscutible, trascendente y vital.

Con el paso del tiempo, la aviación se ha consolidado como el medio de transporte más utilizado por las personas y el más seguro, por sus índices muy bajos de accidentes. En este contexto, el control de tráfico aéreo adquiere un rol que va mucho más allá de la mera gestión de Rutas.

Este concepto de seguridad operacional se fundamenta en el cumplimiento estricto de las normas y procedimientos recomendados por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). En línea con ello, se espera que los Estados miembros de esta organización, incorporen estas recomendaciones en sus normativas internas, con el propósito de reducir al mínimo los riesgos asociados a las operaciones aéreas.

Historia y Evolución del Control de Tráfico Aéreo.



El control de tráfico aéreo (ATC) ha experimentado una notable evolución desde sus orígenes, que se remontan, a la implementación de normas básicas y rutas aéreas específicas en la década de 1920, hasta llegar a los complejos sistemas actuales, basados en radar y tecnologías informáticas avanzadas. El primer intento de establecer una regulación internacional del en esta materia se produjo en 1919, con la creación de la Comisión Internacional de Navegación Aérea (ICAN), organismo pionero en la coordinación del tránsito aéreo a nivel global.



1944.

El “Convenio de Chicago”, este acuerdo histórico estableció los principios básicos que hacen posible el transporte internacional por vía aérea y dio lugar a la creación del organismo especializado que desde entonces se encarga de su supervisión, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

1947.

Creación de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) que representó un avance significativo, al establecer normas y regulaciones internacionales para promover la seguridad y eficiencia de la aviación civil global.

1950.

Utilización del radar:

La experiencia adquirida durante la Segunda Guerra Mundial, permitió la incorporación del radar al control del tránsito aéreo. Esto revolucionó la forma en que se monitorea el espacio aéreo y se estandarizan los procedimientos de control en todo el mundo.

Décadas de 1960 y 1970.

Automatización y la Administración Federal de Aviación (F.A.A.):

En Estados Unidos, la Administración Federal de Aviación (F.A.A.) lideró la implementación de sistemas automatizados basados en radar y tecnología informática. La desregulación de la industria aérea aumentó la carga de trabajo y la complejidad de las operaciones, impulsando nuevas soluciones tecnológicas.

Siglo XXI.

Tecnología CNS/ATM:

La OACI promovió el desarrollo de sistemas de comunicaciones, navegación y vigilancia (CNS/ATM). Este modelo, basado en satélites y gestión en tiempo real, ha permitido optimizar rutas, reducir demoras y mejorar la eficiencia global del sistema aéreo

Como se define el control de tráfico aéreo.



La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) define el Control de Tráfico Aéreo (ATC) como un servicio que comprende la gestión del espacio aéreo, la gestión de afluencia del tránsito aéreo y los servicios de tránsito aéreo.

El Control de Tráfico Aéreo (ATC) es un servicio esencial para el funcionamiento seguro y eficiente de la aviación. Su labor se traduce en múltiples beneficios operacionales, entre ellos:

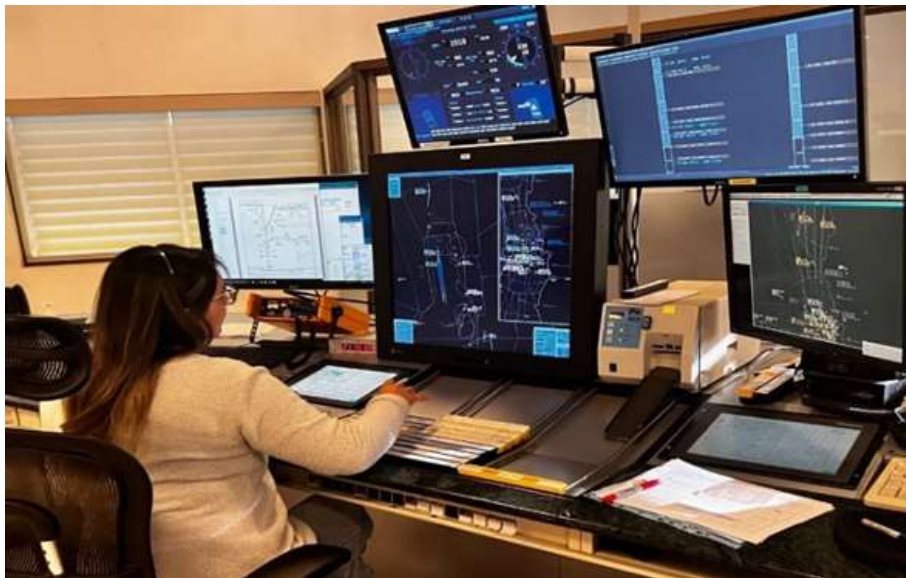
- Garantizar la seguridad aérea: separa aeronaves y previene conflictos en vuelo, evitando colisiones y minimizando riesgos.
- Gestionar el flujo de tránsito aéreo: mantiene un orden fluido y eficiente en rutas, aerovías, aproximaciones y despegues. Brindar información clave a los pilotos: Apoya la toma de decisiones en vuelo mediante datos meteorológicos, condiciones operativas y alertas.
- Optimizar el uso del espacio aéreo: Permite que más aeronaves puedan operen de manera simultánea y segura, incrementando la capacidad y reduciendo demoras. Gracias a esta labor, millones de personas en todo el mundo pueden volar con confianza cada día, sabiendo que hay profesionales altamente calificados vigilando cada movimiento desde tierra.

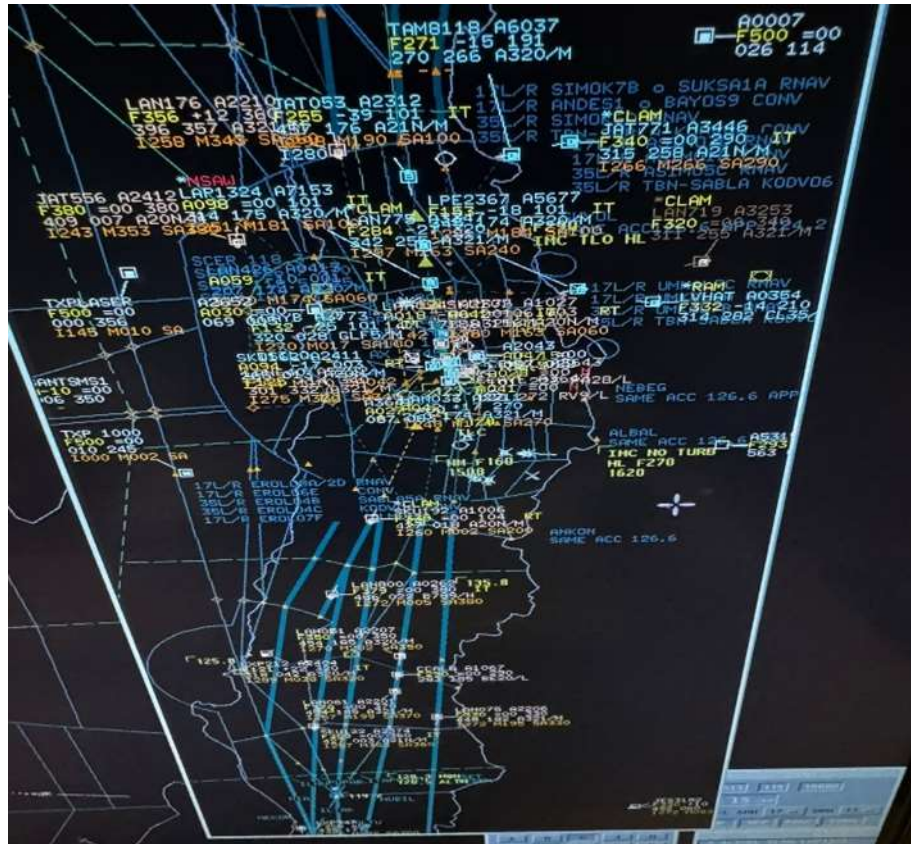
La OACI juega un papel crucial en el desarrollo, regulación y estandarización del Control de Tráfico Aéreo (ATC) a nivel global. Este rol se materializa a través de dos ejes principales:

- Normas y prácticas recomendadas: La OACI publica documentos normativos como el Anexo 11 (Servicios de Tránsito Aéreo) que establece estándares internacionales para la prestación de estos servicios, asegurando uniformidad y seguridad entre los Estados miembros.
- Fomento de la investigación y desarrollo: La OACI promueve la adopción de nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia y seguridad del Control de Tráfico Aéreo (ATC). En Chile, esto se refleja en normativas como la DAR 11, que regula localmente la provisión de servicios de tránsito aéreo en conformidad con los estándares internacionales.

En la práctica, el control de tráfico aéreo mantiene una vigilancia continua de las aeronaves, mediante una red de sofisticados radares primarios y secundarios, complementados con sistemas de comunicaciones y procedimientos afines.

Con estos recursos los controladores de tráfico aéreo, gestionan en forma segura los diferentes espacios aéreos, manteniendo la separación entre las aeronaves, facilitándolos flujos en las rutas públicas, salidas y llegadas, y evitando colisiones, todo en esto en cumplimiento con los estándares internacionales establecidos por la OACI.





La conexión entre la seguridad de las aeronaves y la efectividad del control de tráfico aéreo, se manifiesta en una coordinación fluida y bidireccional. Cuando estos componentes se ven comprometidos, los resultados pueden tener consecuencias fatales.

Por ello, se requiere que los controladores de tráfico aéreo cuenten con capacidades técnicas avanzadas, destrezas, un entrenamiento excepcional y un conocimiento profundo de los procedimientos establecidos por el sistema aeronáutico y sus regulaciones para asegurar la integridad de cada vuelo.

El Avance Tecnológico en la Gestión del Tráfico Aéreo.



A medida que la aviación comercial y la aviación general se expandían, surgió la necesidad imperiosa de adaptar y modernizar las tecnologías utilizadas en el control de tráfico aéreo. Un hito clave en esta evolución se dio en la década de los 80, con la incorporación de sistemas de gestión basados en radares, que permitieron a los controladores de tráfico aéreo realizar un seguimiento más preciso de las aeronaves. Desde entonces, el desarrollo de tecnologías de comunicaciones avanzadas, como el Voice over Internet Protocol (VoIP) y la implementación de sistemas automáticos de alerta y notificación, han contribuido significativamente a reforzar la seguridad operacional del sistema.

La implementación de sistemas de navegación por satélite, como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), ha añadido una capa adicional de precisión en el seguimiento de aeronaves, permitiendo reducir la separación mínima entre ellas y optimizando las rutas de vuelo. Estos avances técnicos han permitido que los controladores de tránsito aéreo gestionen de manera más efectiva un número creciente de vuelos, al tiempo que minimizan los riesgos asociados con el tráfico aéreo creciente.

La Transición hacia un Sistema Globalizado de Control Aéreo.

En las últimas décadas, el control de tráfico aéreo ha experimentado una transformación importante hacia un sistema globalizado. La interconexión de los sistemas de Aviación entre diferentes países ha permitido que el control del tráfico aéreo trascienda las fronteras, creando un flujo más eficiente, ordenado y seguro de aeronaves en el aire. El sistema de gestión de tránsito aéreo de la próxima generación, conocido como NextGen en los Estados Unidos y SESAR en Europa, busca modernizar la infraestructura de control del tráfico aéreo a través de la automatización y la optimización de procesos.

La cooperación internacional juega un papel fundamental en esta transición. Programas como el Global Aeronautical Distress and Safety System (GADSS) permiten una supervisión constante, fomentan el intercambio de información crítica entre países y refuerzan los mecanismos de respuesta y prevención. Esto no solo fortalece el control sobre el tráfico aéreo, sino que también impulsa una cultura de mejora continua en materia de seguridad aeronáutica, demostrando una vez más la importancia del control de tráfico aéreo en la protección de vidas humanas y la prevención de accidentes.

En resumen, a través de la innovación tecnológica y el trabajo colaborativo a nivel



internacional, el control de tráfico aéreo se ha consolidado como un servicio robusto y vital que continúa evolucionando para enfrentar los desafíos del futuro.

Chile es un referente por la eficacia de su espacio aéreo y los altos índices de seguridad que mantiene desde varias décadas. Estos estándares son alcanzados producto al trabajo, esfuerzo y dedicación de los controladores de tránsito aéreo, profesionales comprometidos con la seguridad operacional en cada vuelo controlado.

Hoy, volar da la tranquilidad de saber que, cada vez que un avión despegue, hay un equipo de personas altamente calificadas y comprometidas asegurándose de que llegue a destino y seguro.

VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet, OACI, DAR 11, DGAC, J. Caro CTA.

Artículo Nº 9 / 2025

CONFLICTO INDIA PAKISTÁN



Por Jorge Robles Mella, Director Ejecutivo del Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales de la Fuerza Aérea de Chile.

19 de mayo de 2025. 9 Min. de lectura.

CONTEXTO HISTÓRICO.



Sin lugar a duda que el conflicto histórico entre India y Pakistán es uno de los más antiguos y complejos del mundo reciente, donde sus orígenes se remontan a la partición de la India en el año 1947. Debemos recordar que, durante la era colonial británica, la India estaba unida bajo un solo gobierno, sin embargo, las tensiones religiosas y culturales entre hindúes y musulmanes llevaron a la demanda de una patria separada para los musulmanes, lo que resultó en la creación de Pakistán como un estado independiente de mayoría musulmana.

Sin embargo, la partición fue el inicio de una crisis permanente entre ambos estados, acompañada de violencia y profundas heridas. El estado de Pakistán quedó dividido en dos, lo que a la larga ocasionaría una guerra civil, un conflicto permanente entre India y Pakistán y producto de una de las crisis entre ellos, terminó con la independencia de Bangladesh.

Tras la descolonización británica, India y Pakistán han estado involucrados en varios conflictos, principalmente por la región de Cachemira, territorio en disputa situado en la frontera entre ellos. Tanto India como Pakistán reclaman dicha región en su totalidad, pero controlan solo partes de ella. Lo anterior ha llevado a una serie de guerras y enfrentamientos militares a lo largo de los años, lo que ha generado un ambiente de desconfianza y hostilidad entre los dos países.

Asimismo, existen otros temas que han aumentado las tensiones entre India y Pakistán que incluyen el terrorismo y el apoyo mutuo a grupos insurgentes en el territorio del otro. India ha acusado repetidamente a Pakistán de patrocinar actos de terrorismo en su territorio, mientras que Pakistán por su parte ha argumentado que India está involucrada en actividades subversivas en Baluchistán y otras regiones de Pakistán. Estas acusaciones, han llevado a mantener una crisis permanente y a una mayor militarización de la región, lo que ha exacerbado aún más las tensiones geopolíticas de la zona.



UN CONFLICTO PERMANENTE.

El conflicto histórico entre India y Pakistán ha llevado a varias guerras entre las que se pueden señalar:

- 1.- **PRIMERA GUERRA, entre los años 1947-1948.** Pocos meses después de la partición, estalló la primera guerra entre India y Pakistán. Las fuerzas indias y paquistaníes se enfrentaron en Cachemira, con la intervención de tribus de Cachemira respaldadas por Pakistán. La guerra terminó con un alto al fuego que fue mediado por la ONU, donde Cachemira fue dividida entre India (que controla Jammu y Cachemira) y Pakistán (que controla Azad Cachemira y Gilgit-Baltistán) y la creación de una línea de control que divide Cachemira en dos partes.



- 2.- **SEGUNDA GUERRA del año 1965.** Ese año Pakistán lanzó la "Operación Gibraltar" para infiltrar soldados disfrazados de insurgentes iniciándose una guerra que se intensificó rápidamente. Ambos países utilizaron fuerzas terrestres, aéreas y navales en una serie de enfrentamientos. La guerra terminó con un alto el fuego bajo mediación de la ONU y la firma del Acuerdo de Tashkent, sin cambios territoriales significativos.
- 3.- **TERCERA GUERRA del año 1971.** Esta guerra fue un punto de inflexión en la historia del conflicto con resultados muy profundos. Esta guerra estalló entre India y Pakistán debido a la lucha por la independencia de Bangladesh (entonces conocido como Pakistán Oriental). India apoyó a los rebeldes de Bangladesh, lo que llevó a una escalada del conflicto en el ámbito militar. Las fuerzas indias capturaron Dacca, la capital de Pakistán Oriental, y Pakistán se rindió. **Lo anterior resultó en la creación de Bangladesh como un estado independiente.**



Fuente: BBC

ABC

4.- **CUARTA GUERRA del año 1999.** Este enfrentamiento militar conocido como la Guerra de Kargil, tuvo lugar en la región de Cachemira. Se desarrolló entre mayo y julio de 1999, cuando fuerzas pakistaníes y militantes infiltrados ocuparon posiciones estratégicas en el distrito de Kargil, dentro del territorio controlado por India. La guerra comenzó cuando tropas pakistaníes, junto con combatientes irregulares, cruzaron la Línea de Control y se establecieron en posiciones elevadas, lo que les dio ventaja táctica sobre el ejército indio. India respondió con una ofensiva militar masiva para recuperar el territorio, utilizando artillería pesada y ataques aéreos.

Finalmente, bajo presión internacional, Pakistán retiró sus tropas, y el conflicto terminó con la victoria de India. La Guerra de Kargil fue muy significativa porque ocurrió poco después de que ambos países se convirtieran en potencias nucleares, lo que aumentó la preocupación global sobre una posible escalada nuclear.

Con posterioridad a la cuarta guerra, se han presentado diversos eventos de crisis entre India y Pakistán, continuado en forma permanente la disputa por la región de Cachemira lo que sigue siendo el principal foco de tensión. Es así que se han presentado numerosos enfrentamientos fronterizos y ataques terroristas entre los cuales se pueden señalar:

- a) Incidente de Uri en el año 2016 donde se produjo un ataque terrorista contra una base militar india en Uri, cerca de la Línea de Control. Dicha situación dejó 19 soldados indios muertos. La India respondió con ataques muy específicos contra presuntos campamentos terroristas en Pakistán.
- b) Crisis de Pulwama-Balakot en el año 2019, donde se efectuó un atentado suicida en Pulwama el cual mató a 40 miembros de las fuerzas de seguridad indias. India respondió con ataques aéreos en Balakot, dentro de Pakistán, lo que llevó a combates aéreos entre ambos países sin un mayor incremento de la crisis.

- c) Enfrentamientos en la Línea de Control, se debe considerar que han existido múltiples enfrentamientos menores entre las fuerzas indias y pakistaníes a lo largo de la frontera en Cachemira, con intercambios de fuego de artillería y bajas en ambos lados, sin llegar a un aumento de la crisis. Asimismo, se pueden mencionar que desde el año 2008 se han efectuado más de 100 ataques terroristas contra la India por parte de Pakistán.

En resumen, la historia del conflicto entre India y Pakistán es muy compleja y llena de altibajos en su relación vecinal. Desde la partición en 1947, en las guerras que se han presentado y en la crisis constante en Cachemira, se observa que ambos países han luchado por mantener o incrementar su posición territorial en la región en disputa y a raíz de esto han experimentado una serie de desafíos en su relación. Aunque han existidos los esfuerzos de paz, la resolución del conflicto sigue siendo esquivada hasta el día de hoy, hecho que ha sido acompañado de constantes ataques terroristas.

AUMENTO DE LA CAPACIDAD NUCLEAR.

Tal como se mencionó anteriormente, y a pesar de las numerosas guerras y crisis entre India y Pakistán, se han llevado a cabo cumbres y diálogos de alto nivel, pero hasta ahora no se ha logrado un avance significativo en la resolución del conflicto. En forma paralela, ambos países han desarrollado una capacidad de ataque nuclear incrementando con los años sus inventarios de armas atómicas contando hoy en día, ambos países, con la capacidad de destruirse mutuamente varias veces.

India se convirtió en una potencia nuclear en 1974, cuando realizó su primera prueba nuclear, llamada **Smiling Buddha (Buda Sonriente)**. Lo anterior fue descrito en aquella oportunidad como una "explosión nuclear pacífica", demostrando la capacidad de la India sin declarar abiertamente la militarización. Posteriormente, en 1998, llevó a cabo una serie de pruebas nucleares bajo la operación **Shakti**, consolidando su estatus como estado con armas nucleares.



Por otro lado, Pakistán comenzó su programa nuclear en la década de 1970, en respuesta a la prueba nuclear de India en 1974. La crisis de Brasstacks de 1987 con Pakistán y el surgimiento del programa nuclear de Pakistán aceleraron aún más los esfuerzos de la India. En 1989, el primer ministro Rajiv Gandhi autorizó la militarización, y es probable que la India completara las ojivas nucleares en 1994. Posteriormente en el año 1998, Pakistán realizó sus propias pruebas nucleares, conocidas como **Chagai-I**, estableciéndose como una potencia nuclear.

Se debe considerar que el reconocimiento de un país como potencia nuclear no está formalmente designado por una única entidad, pero el **Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP)** reconoce cinco estados con armas nucleares: EE. UU., Rusia, China, Reino Unido y Francia. India y Pakistán, por ende, ellos poseen una capacidad nuclear la cual es ampliamente reconocida por la comunidad internacional, lo que produce preocupación por sus constantes crisis.

[La India](#) tiene aproximadamente 164 ojivas nucleares y tiene capacidad nuclear terrestre, marítima y de lanzamiento aéreo. El estado había declarado una política [de no primer uso](#), lo que significa que han prometido nunca usar armas nucleares primero en un conflicto. Sin embargo, a partir de agosto de 2019, India dijo que estaba [reconsiderando esta política](#).

A partir de 2024, [Pakistán](#) tiene aproximadamente 170 ojivas y continúa expandiendo y modernizando gradualmente su arsenal nuclear.

Ambas naciones desarrollaron capacidades nucleares fuera del Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP), enfrentando sanciones internacionales que luego fueron levantadas para India debido a asociaciones estratégicas con Estados Unidos y otros estados.

Finalmente se debe considerar que el programa de la India fue impulsado inicialmente por la amenaza de China, con Pakistán como foco secundario, mientras que los esfuerzos de Pakistán estaban singularmente dirigidos a contrarrestar a la India.

2025 UNA NUEVA CRISIS.

Considerando lo anteriormente señalado, India y Pakistán están en una crisis permanente. Así podemos observar que se encuentran en un proceso continuo de mantener sus capacidades de defensa acordes a la tecnología y a la amenaza que cada uno observa.

Por ejemplo, India es el segundo mayor importador de armas después de Ucrania, según un informe del “Stockholm International Peace Research Institute” (SIPRI) sobre las compras de armamento de India y Pakistán destaca que India fue el segundo mayor importador de armas en el mundo entre 2020 y 2024, con un 8.3% de las importaciones globales

Así las tensiones de la India con China y Pakistán impulsan en gran medida sus importaciones de armas, que ahora se están desplazando cada vez más hacia los proveedores occidentales. Por lo anterior, la India está cambiando sus relaciones de suministro de armas hacia proveedores occidentales, sobre todo Francia, Israel y Estados Unidos.

Con lo anterior, nos encontramos que India es el principal cliente de armas para Francia, Israel y Rusia, considerando que las exportaciones aproximadas de Francia son de un 30%, las de Israel de un 34%, y las de Rusia de un 38% de sus respectivas exportaciones de armas a nivel global.

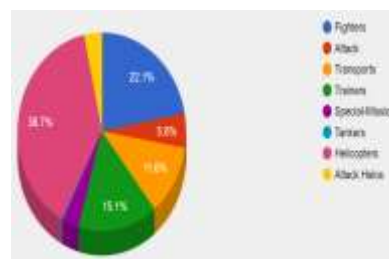
Por otro lado, Pakistán es uno de los principales receptores de las armas exportadas por China.

El desarrollo de las capacidades militares de ambos países es bastante significativo en los últimos años, tanto por la cantidad de sus medios como la tecnología de ellos.

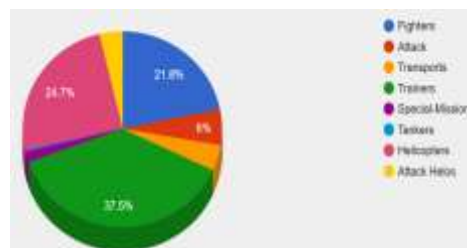
Para el caso de la India: aviones Rafale, misiles MICA, submarinos Scorpène, misiles antiaéreos Barak-8, misiles antibuques Spike, drones Heron y Hermes, entre otros medios.

En el caso de Pakistán: aviones JF17, misiles PL15, tanques VT-4, fragatas tipo 54, submarinos Hangor, entre otros.

En relación con sus medios aéreos la FA de India, está clasificada en cuarto lugar a nivel mundial según el Índice de potencia de fuego global de 2025, con más de 2.200 aviones, incluidos 513 cazas.



La Fuerza Aérea de Pakistán (PAF) ocupa el séptimo lugar entre las fuerzas aéreas más poderosas del mundo aproximadamente, con aproximadamente 1.400 aviones, incluidos 328 cazas.

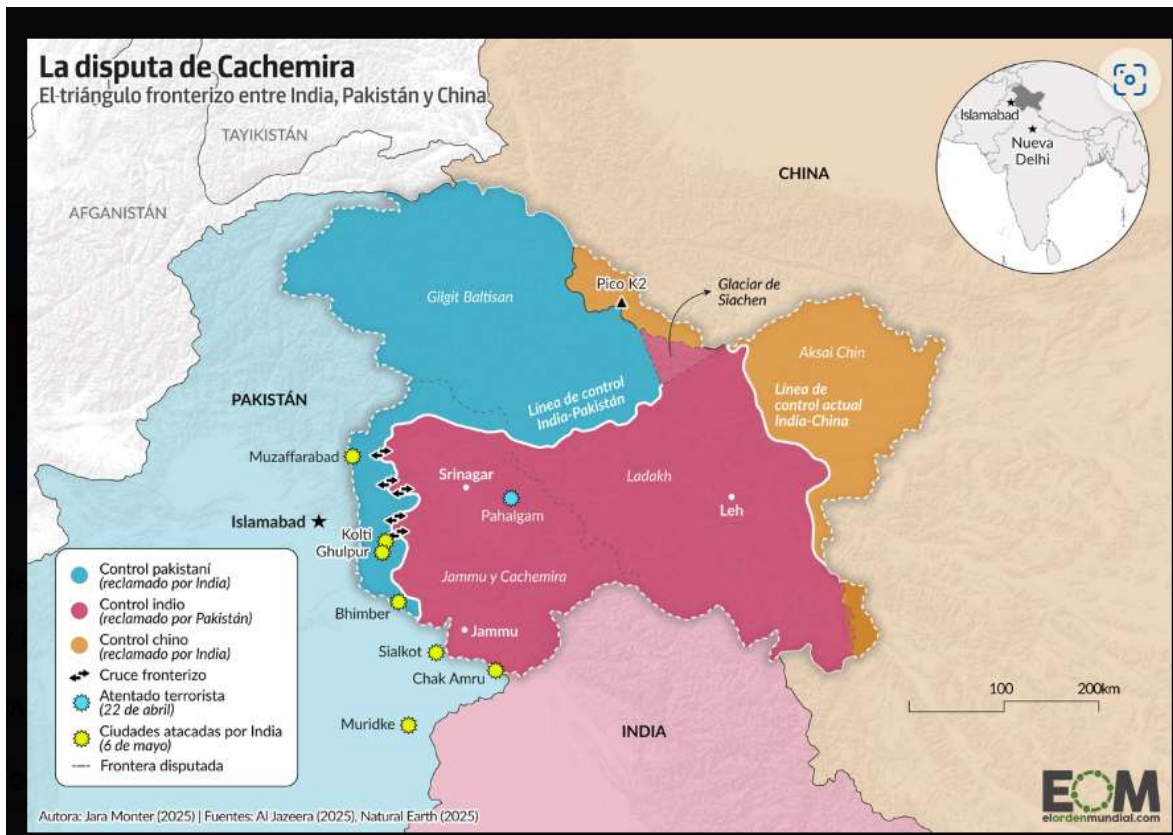


Así llegó el 22 de abril del presente año, día en el cual se registró un gran atentado en territorio administrado por India en Cachemira, el que cobró la vida de 26 civiles. Aunque ninguna organización se atribuyó formalmente la autoría, el gobierno indio responsabilizó a elementos vinculados a Pakistán, lo que este último país rechazó categóricamente. Esta acusación se realizó en un contexto de mucha presión donde India comenzó a preparar una respuesta militar.

Con lo anterior en la madrugada del 7 de mayo de 2025, la India lanzó la “**Operación Sindoor**”, una ofensiva militar con misiles y bombardeos dirigidos a nueve supuestas bases terroristas en territorio paquistaní y la región de Cachemira, bajo control de Pakistán. Según el gobierno indio, el objetivo era: “**desmantelar infraestructuras desde las que se habrían orquestado ataques recientes contra civiles indios**”, en la zona de Pahalgam del pasado 22 de abril, el cual dejó 26 muertos, la mayoría hindúes.

Las autoridades indias han confirmado que la operación fue **“precisa”**, evitando instalaciones militares y priorizando objetivos vinculados al terrorismo. Sin embargo, Pakistán denuncia que los misiles impactaron en zonas civiles, incluyendo mezquitas, y reporta decenas de muertos y heridos, entre ellos mujeres y niños.

El ataque se produjo tras varios días de tensión, con acusaciones cruzadas con aumento de las hostilidades y el cierre de fronteras, agravando una relación históricamente de conflicto en especial, con dos estados con capacidad nuclear.



La reacción de Islamabad no se hizo esperar fue así como el gobierno paquistaní calificó el ataque como “un acto de guerra flagrante y no provocado” y prometiendo responder en el momento y lugar que considere adecuado. Asimismo, el primer ministro Shehbaz Sharif convocó de urgencia al Comité de Seguridad Nacional, declarando el estado de emergencia en Punjab y aumentando la alerta máxima a hospitales y servicios de emergencia. De igual manera, Pakistán aseguró haber derribado varios aviones indios en represalia dentro de los cuales se encontrarían aviones de Rafale de la India.

Por lo anterior, y habiendo transcurrido menos de dos semanas desde el inicio de las operaciones militares, aun no se cuenta con la suficiente información, para poder efectuar un estudio más profundo de ellas. Sin embargo, en dicha información se encuentran algunas consideraciones, que permiten deducir algunos elementos importantes.

Se debe recordar que las operaciones militares efectuadas hasta el momento se han centrado solo en el medio aéreo con ataque de misiles, drones y misiles tierra-aire a objetivos muy

específicos. Asimismo, se pudo comprobar el uso de misiles PL-10 y PL-15 en los aviones JF17 de la FAP. El misil PL-15 es un misil de procedencia China, de largo alcance el cual es guiado por un radar activo, en su versión de exportación se estima puede alcanzar los 145 km (en su versión no exportable supera los 200 km) siendo un misil con capacidad BVR con una velocidad superior a Mach 4.

Se debe considerar que India se demoró casi dos semanas en iniciar esta operación, lo que le permitió a Pakistán tener tiempo para preparar su defensa como para su reacción con nuevas variables producto de su actual capacidad de defensa lo que obligó a la India considerar nuevas variables en el empleo de los medios.

Algunas experiencias de la crisis y de las operaciones efectuadas hasta el momento son:

- **Uso de tecnología avanzada:** Pakistán ha demostrado una creciente sofisticación en su sistema defensivo, utilizando misiles aire-aire PL-15 de origen chino para interceptar aeronaves indias.
- **Cambio en la doctrina militar india:** Este país efectuó la práctica de ataques transfronterizos directos y específicos con el menor daño colateral, ampliando así su estrategia de disuasión sin activar la amenaza nuclear. Sin embargo y considerando la respuesta de Pakistán y el derribo de aviones de primera línea efectuó una rápida verificación de su doctrina de empleo.
- **Sistema de defensa de India:** La India desplegó un eficiente sistema de defensa aérea altamente sofisticada en la respuesta de Pakistán en 2025 en especial una red integrada contra sistemas autónomos, logrando interceptar y derribar centenares de drones.
- **Impacto geopolítico:** China ha jugado un papel clave como proveedor de armamento a Pakistán, mientras que EE.UU. está siendo un actor importante en detener el conflicto actual.
- **Reacción internacional:** se centró inicialmente en la posibilidad de una guerra nuclear, la que fue bajando en su percepción ya que es una preocupación comprensible que cuando empeora la violencia entre Estados con armas nucleares.

CONCLUSIÓN.

Pakistán e India continuarán sosteniendo que sus capacidades nucleares son para la disuasión. A estas alturas, ambos gobiernos están utilizando una retórica que indica su voluntad de seguir intercambiando ataques aéreos y fuego de artillería. En otras palabras, mostrar confianza en que la otra parte está, y seguirá estando, disuadida desde la perspectiva del empleo de armas nucleares.

Es probable que este sea el caso a corto plazo, pero también será importante que los gobiernos de Nueva Delhi e Islamabad aprovechen la oportunidad que brinda la disuasión para iniciar un diálogo sobre cómo detener el ciclo de violencia.



Gran parte del mundo se centra, con razón, en las terribles consecuencias que podría tener una guerra nuclear entre Pakistán e India, por lo que se hace necesario buscar un terreno común en el que esas preocupaciones mutuas conduzcan a un camino que disminuya el conflicto.

En conclusión, el conflicto entre India y Pakistán es y continuará siendo un tema complejo y arraigado que ha causado una gran cantidad de sufrimiento y tensiones en la región por años. La disputa por Cachemira, las diferencias religiosas y políticas, y los numerosos incidentes violentos a lo largo del tiempo han mantenido el conflicto vivo. A pesar de los esfuerzos de mediación y diplomacia, la situación actual sigue siendo inestable y no se vislumbra una solución definitiva en el horizonte. Es un conflicto que requiere de un enfoque continuo y una búsqueda de soluciones pacíficas para lograr una estabilidad duradera en la región

Jorge Robles Mella

DIRECTOR EJECUTIVO

CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS Y AEROESPACIALES (CEEAA)

BIBLIOGRAFÍA:

<https://finchchannel.com/how-india-and-pakistan-became-nuclear-capable-countries/125697/world-2/2025/05/>

<https://armscontrolcenter.org/countries/india-and-pakistan/>

<https://armscontrolcenter.org/deterrence-can-create-space-for-diplomacy-not-replace-it/>

<https://www.sipri.org/research/armament-and-disarmament/weapons-mass-destruction/world-nuclear-forces>

<https://www.eurasiantimes.com/india-beats-pakistan-in-nuclear-warhead/>

<https://cnnespanol.cnn.com/2025/05/07/mundo/operacion-sindoor-ataque-india-pakistan-trax>

<https://www.sipri.org/yearbook/2024>

<https://www.tribuneindia.com/news/india/tensions-with-china-pak-driving-indias-arms-imports-shift-towards-western-suppliers-sipri/>

<https://www.lisanews.org/actualidad/india-ataca-pakistan-y-desata-la-mayor-crisis-entre-potencias-nucleares-en-anos/>

<https://galaxiamilitar.es/se-confirma-el-uso-en-combate-de-misiles-aire-aire-chinos-pl-15e-por-parte-de-pakistan/>

<https://elordenmundial.com/blitz-india-ataca-pakistan-escalada-nuclear/>

https://israelnoticias.com/militar/pakistan-usa-misil-pl-15-chino-en-combate-contraindia/#google_vignette

<https://www.pucara.org/post/pakist%C3%A1n-en-india-est%C3%A1n-en-guerra-qui%C3%A9nes-apoyan-a-cada-lado-y-cuales-son-las-lecciones-que-ya-pued>

https://www.globalfirepower.com/country-military-strength-detail.php?country_id=india

https://www.globalfirepower.com/country-military-strength-detail.php?country_id=pakistan

<https://www.pucara.org/post/india-y-pakist%C3%A1n-ilusiones-y-realidades-de-los-incidentes-transfronterizos>

<https://cnnespanol.cnn.com/2025/05/09/mundo/india-pakistan-armas-nucleares-cachemira-orix>



Artículo N° 10/2025 MISIONES A MARTE

Parte II

Por Álvaro Aguirre Warden. Director de Asuntos Espaciales.
04 de junio de 2025. 14 Min. de lectura.

En esta parte II se darán a conocer las misiones efectuadas por China, Japón, India, Emiratos Árabes Unidos y Agencia Espacial Europea.

CHINA.

Yinghuo-1.

Fue un orbitador de Marte cuyo lanzamiento se realizó con la misión rusa Phobos-Grunt en noviembre de 2011.

Los principales objetivos científicos de la misión fueron estudiar la estructura ambiental del espacio marciano, la distribución del plasma y otras características, los procesos de acoplamiento y deposición de energía entre el viento solar y la atmósfera, los procesos y mecanismos de escape de iones marcianos, el campo gravitatorio regional de Marte, y para realizar imágenes de la superficie marciana y Fobos. La misión también puso a prueba técnicas de navegación y comunicación en el espacio profundo.

Yinghuo-1 estaba adosado en un propulsor común debajo de Phobos-Grunt. Yinghuo-1 fue lanzado el 8 de noviembre de 2011 por un cohete Zenit 2SB41.1 desde el cosmódromo de Baikonur a una órbita terrestre elíptica. El plan era usar una etapa superior Fregat para transportar a Phobos-Grunt y Yinghuo-1 en un crucero de once meses a Marte. Sin embargo, los encendidos posteriores nunca ocurrieron y la nave espacial permaneció en órbita terrestre. Volvió a entrar en la atmósfera el 15 de enero de 2012.



Yinghuo-1 Fuente: China Daily.

Tianwen 1 (anteriormente Huoxing 1).

Es una misión china a Marte compuesta por un módulo de amortiguaje/rover y un orbitador que se lanzó el 23 de julio de 2020 y llegó a Marte en febrero de 2021.

Los objetivos científicos de la misión son estudiar la topografía y la geología marcianas, caracterizar el suelo y su contenido de hielo de agua, determinar la composición del material de la superficie, perfilar la ionosfera, el clima y el medio ambiente marciano, restringir la gravedad y los campos magnéticos y la estructura interior.

Se lanzó al espacio desde el complejo de lanzamiento de Wenchang por un cohete Larga Marcha 5 Y-4 el 23 de julio de 2020, realizando el viaje en 7 meses hasta Marte, llegando y entrando en órbita el 10 de febrero de 2021. La órbita inicial tenía una altitud de 400 x 180.000 km con un período de 10 días.

El orbitador utilizó cámaras de alta resolución para buscar el lugar de posada en la superficie de Marte para el módulo de amortiguaje y el rover, los que se separaron del orbitador e hicieron el amortiguaje en la región de Utopia Planitia el 14 de mayo de 2021 (15 de mayo, de China). Luego, el orbitador entró en una órbita polar de 265 x 12.000 km de altitud, desde la cual realiza mediciones científicas y actúa como un relé para las comunicaciones del rover con la Tierra.



Tianwen 1 Crédito: CNSA.

El rover Zhurong con una masa de unos 240 kg., cuenta con 6 ruedas y un conjunto de paneles solares plegables para proporcionar energía, en la parte delantera del rover contiene cámaras de navegación y terreno, y también una cámara científica multispectral, además de una serie de equipos y sensores para sus estudios de Marte, en tanto el módulo de amortiguaje no está equipado para estudios científicos.



El rover Zhurong y la etapa de descenso de la misión Tianwen 1 en Utopia Planitia (la separación entre ambos es de unos 10 m). Imagen tomada el 1 de junio de 2021 (CNSA).

El rover Zhurong rodó por una rampa sobre la superficie marciana el 22 de mayo de 2021 y estaba programado para operar en la superficie durante unos 3 meses, pero este período se extendió debido a la operatividad nominal del rover.

Zhurong fue puesto en una hibernación de un mes desde finales de septiembre hasta finales de octubre de 2021, debido a la conjunción solar, después de lo cual las operaciones continuaron. Ha estado promediando unos 10 metros de viaje por día, principalmente en dirección sur, y ha enviado imágenes y datos a lo largo de su travesía.

Tianwen 3.

Futura misión que se encuentra programada para ser lanzada el año 2028 con el objetivo de traer muestras de Marte a la Tierra en el año 2030.

Entre los principales desafíos se encuentran la recolección de muestras en la superficie marciana, el despegue desde Marte y el acoplamiento en la órbita del planeta, en una misión que se desarrollará en 13 fases con detecciones in situ y teledetección.

JAPÓN.

Nozomi (Planeta B).

Lanzado al espacio el 4 de julio de 1998 por un cohete M-V-3 desde el Centro Espacial Kagoshima en Uchinoura, fue el primer explorador de Marte de Japón y su misión principal era investigar la atmósfera superior marciana centrándose en la interacción con el viento solar.

En su ruta hacia Marte, surgieron problemas con NOZOMI y se realizaron cambios sustanciales en la órbita, dando como resultado que se acercara a Marte en diciembre de 2003, cuatro años después del plan original. Sin embargo, los sistemas necesarios para entrar en órbita alrededor de Marte no funcionaban y a pesar de todos los esfuerzos posibles para restaurar las funciones, se tuvo que abandonar la inserción del explorador en órbita.

alrededor de Marte el 9 de diciembre de 2003. NOZOMI se convirtió en un satélite artificial que vuela para siempre en órbita alrededor del Sol, cerca de la de Marte.



Nozomi Fuente: JAXA.

MMX (Marian Moons eXploration).

Es un proyecto para explorar las dos lunas de Marte, que tenía previsto ser lanzado a finales de 2024, pero ha sido retrasado para el año 2026.

Aproximadamente, un año después de dejar la Tierra, la nave espacial llegará al espacio marciano y entrará en una órbita alrededor de Marte, para posteriormente moverse a una órbita cuasi satelital (QSO) alrededor de la luna marciana, Fobos, para recopilar datos científicos y recolectar una muestra de la superficie de la luna, y luego regresar a la Tierra en el año 2031 trayendo el material recolectado de Fobos.

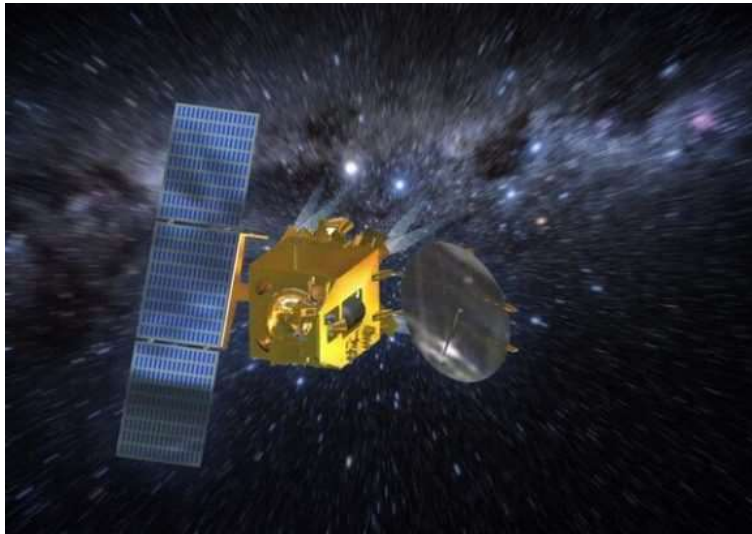


MMX. Fuente: JAXA.

INDIA.

Mars Orbiter Mission (MOM) o Mangalyaan (en hindi significa "nave de Marte").

Estuvo diseñada para estudiar Marte desde la órbita y los objetivos científicos fueron explorar las características de la superficie, la morfología, la mineralogía y la atmósfera de Marte para lo cual fue equipada con cinco instrumentos científicos y se planificó para que operara por un periodo de 6 a 10 meses orbitando y realizando mediciones en Marte, pero permaneció operativo hasta abril de 2022 más allá de lo previsto, cuando se perdieron las comunicaciones, probablemente debido a la falta de propulsor para el control de actitud.



Sonda MOM (ISRO)

Mangalyaan se lanzó el 5 de noviembre de 2013 en un Vehículo de Lanzamiento de Satélites Polares (PSLV-C25) desde el Centro Espacial Satish Dhawan en Sriharikota, India, abandonando la órbita terrestre dirigiéndose a Marte el 1 de diciembre de 2013. Después de un cruce de 300 días, realizó una inserción orbital de 24 minutos el día 24 de septiembre de 2014, colocando a la nave espacial en una órbita elíptica de Marte de 76,7 horas, 366 x 80.000 km.

Mangalyaan 2.

Es una futura misión para ser lanzada el año 2026 o 2028 que llevará además de una cámara y otros experimentos que viajaron con MOM-1, tres instrumentos nuevos: el sensor de polvo MODEX (Mars Orbit Dust Experiment), el experimento de ocultación de radio RO y el instrumento para estudiar el plasma en órbita marciana LPEX (Langmuir Probe and Electric Field Experiment). También, tiene considerado llevar un rover y un helicóptero.

India planea lanzar un satélite de comunicaciones antes de la misión principal, que sirva como un enlace permanente entre la Tierra y el rover y el helicóptero y de esta manera asegurar el flujo constante de datos y el control de la misión.

EMIRATOS ÁRABES UNIDOS.

Emirates Mars Mission.

La misión Emirates Mars Mission, o misión orbital de Marte "Hope" (Al-Amal), se lanzó desde el Centro Espacial Tanegashima, en Japón el 19 de julio de 2020 (20 de julio de los Emiratos Árabes Unidos)

Construida por los Emiratos Árabes Unidos, la misión orbitará Marte y estudiará la dinámica de la atmósfera marciana y su interacción con el espacio exterior y el viento solar.

Los principales objetivos científicos son buscar la conexión entre el clima marciano actual y el clima antiguo de Marte, estudiar los mecanismos de pérdida de la atmósfera de Marte al espacio mediante el seguimiento del comportamiento y el escape del hidrógeno y el oxígeno, investigar cómo están conectados los niveles inferior y superior de la atmósfera marciana y crear una imagen global de cómo varía la atmósfera marciana a lo largo del día y el año.



Crédito de imagen: Mohammed bin Rashid Space Centre (MBRSC).

Después de un crucero de 200 días a Marte, el 9 de febrero de 2021 Hope encendió sus propulsores para una combustión de inserción orbital de 27 minutos que al finalizarse entró en una órbita elíptica de aproximadamente 22000 x 44000 km con un período de 55 horas. Se planificaron dos años de operaciones científicas, a partir de mayo de 2021, con la posibilidad de una extensión de dos años para hacer más ciencia hasta el año 2025.

AGENCIA ESPACIAL EUROPEA (ESA).

Mars Express.

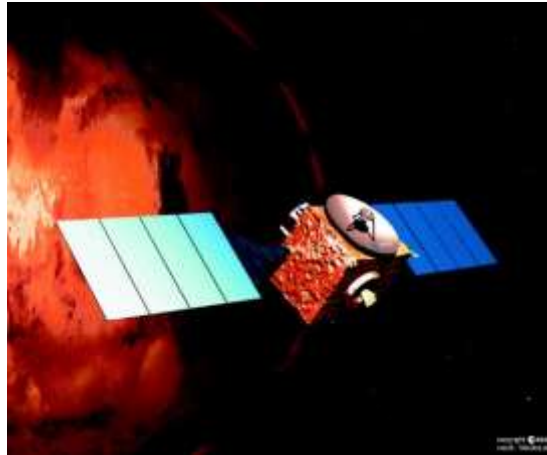
Esta misión de la ESA a Marte consta de un módulo orbitador (Mars Express Orbiter) y un módulo de amartizaje (Beagle2).

Los objetivos científicos del Mars Express Orbiter son obtener fotogeología global de alta resolución (10 m de resolución), cartografía mineralógica (100 m de resolución) y cartografía de la composición atmosférica, estudiar la estructura del subsuelo, la circulación atmosférica global, la interacción entre la atmósfera y el subsuelo, y la atmósfera y el medio interplanetario.

Los objetivos del módulo de amartizaje Beagle 2 eran caracterizar la geología, mineralogía y geoquímica del lugar de amartizaje, las propiedades físicas de la atmósfera y las capas superficiales, recopilar datos sobre la meteorología y climatología marciana y buscar posibles formas de vida.

El lanzamiento tuvo lugar en una Soyuz/Fregat desde el cosmódromo de Baikonur el 2 de junio de 2003, y estando en una órbita de estacionamiento terrestre de 200 km, el Fregat fue encendido para colocar a Mars Express en una órbita de transferencia a Marte, para luego separarse el Fregat con la Mars Express. Los paneles solares se desplegaron y se realizó una maniobra de corrección de trayectoria el 4 de junio para apuntar Mars Express hacia Marte y permitir que el propulsor Fregat se desplace hacia el espacio interplanetario.

Mars Express llegó a Marte después de un viaje de 400 millones de km y una corrección de rumbo en septiembre y en diciembre de 2003. El módulo de amartizaje Beagle 2 fue lanzado el 19 de diciembre en un crucero balístico hacia la superficie, sin embargo, no se recibieron señales de este módulo y la misión fue declarada perdida.



Mars Express Orbiter es una nave espacial en forma de cubo con dos alas de paneles solares que se extienden desde lados opuestos.

El 20 de diciembre, el orbitador encendió una ráfaga corta de propulsor para ponerse en posición de orbitar el planeta, posteriormente encendió su motor principal el 25 de diciembre y entró en una órbita de captura inicial altamente elíptica, la órbita se ajustó mediante cuatro encendidos más del motor principal a partir del 30 de diciembre a la órbita deseada de 258 km x 11.560 km cerca del polo con un período de 7,5 horas.

Se planificó que la duración nominal de la misión fuera de 1 año marciano (687 días terrestres), pero se ha extendido varias veces y aun continua operativa.

Rosetta.

Fue una sonda espacial lanzada el 2 de marzo de 2004, cuya misión fue la de orbitar alrededor del cometa 67P/Churjomov-Guerasimenko en 2014 y 2015, enviando un módulo a la superficie del cometa.

La necesidad de ahorro de combustible obligó a planificar una compleja trayectoria de vuelo que incluyó tres sobrevuelos a la Tierra y uno a Marte para obtener sendas asistencias gravitatorias en cuatro vueltas al Sol cerca de la órbita terrestre, lo que le permitió ir ganando velocidad en cada una de ellos y así poder alcanzar la alejada órbita del cometa de destino.

ExoMars (Exobiology on Mars).

Es un programa de la Agencia Espacial Europea llevado a cabo en colaboración con Roscosmos, que tiene como objetivo resolver la pregunta de si hubo vida en Marte alguna vez y consta de dos misiones.

ExoMars 2016.

La misión ExoMars 2016 consta un módulo orbitador y un módulo de amortizaje, el módulo orbitador Trace Gas Orbiter (TGO) detectará y monitoreará trazas de gases en la atmósfera marciana desde una órbita de aproximadamente 400 km. El módulo de amortizaje, Schiaparelli, es un módulo demostrador de entrada, descenso y aterrizaje diseñado para probar las tecnologías necesarias para futuras misiones de aterrizaje. Lleva una pequeña carga científica diseñada para realizar mediciones atmosféricas.



ExoMars orbiter. Copyright © 2010 Anatoly Zak

Esta misión se lanzó 14 de marzo de 2016 por un cohete Proton con una etapa superior Breeze M desde el cosmódromo de Baikonur en Kazajistán. Después de un crucero de 7 meses, la nave espacial llegó a Marte en octubre de 2016. Tres días antes de llegar a Marte, el 16 de octubre, el módulo de amortizaje Schiaparelli fue lanzado como estaba previsto, entrando a la atmósfera marciana el 19 de octubre de 2016, a 122,5 km de altitud a aproximadamente 21.000 km/h, desacelerando utilizando el escudo térmico de la aerocaparazón, y a una altitud de unos 11 km y una velocidad de 1650 km/h, se desplegó el paracaídas, se soltó el escudo térmico delantero y se desplegó el altímetro del radar a unos 7 km de altitud. Una anomalía en el sistema de navegación provocó la liberación prematura del escudo térmico trasero, el paracaídas y el disparo de los propulsores de aterrizaje, lo que provocó que la nave espacial cayera en caída libre los últimos 3,7 km, sin poder sobrevivir.



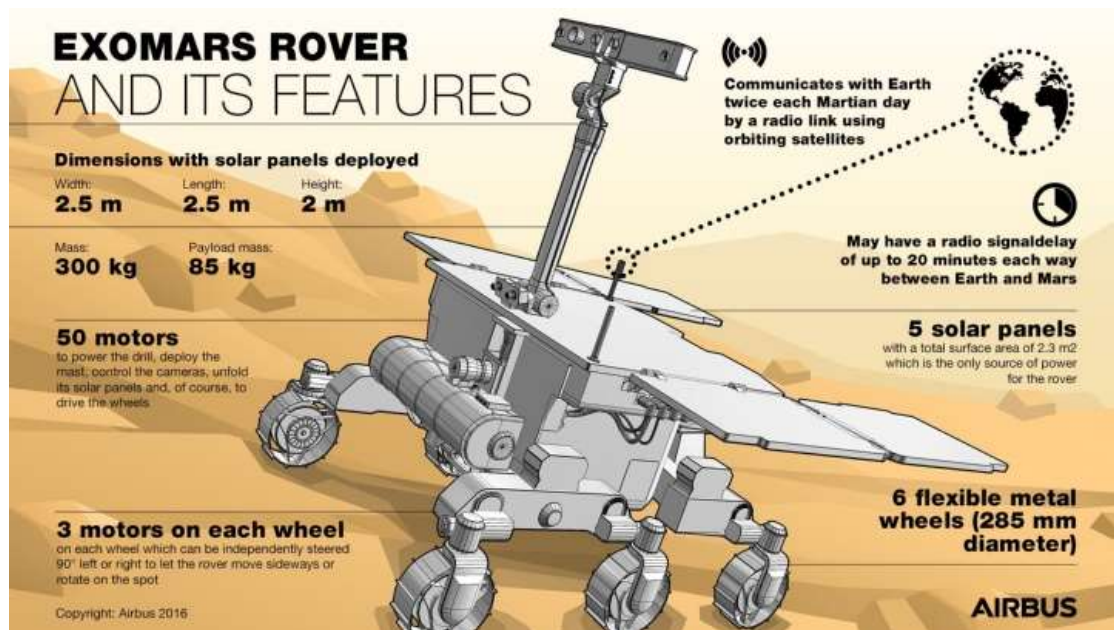
Plataforma de amortiguación Schiaparelli y sus cargas útiles. Crédito: ESA.

Después de liberar a Schiaparelli, el TGO maniobró para colocarse en una órbita elíptica de 4 días, 98.000×200 km alrededor de Marte. En marzo de 2017 comenzó a utilizar órbitas de aerofrenado, sumergiéndose en la atmósfera marciana superior. Completó el trabajo el 20 de febrero de 2018 con el disparo de un propulsor para llevarlo a una órbita de 1050×200 km. Luego, maniobró durante los siguientes dos meses para llevarlo a su órbita científica circular, de aproximadamente 2 horas y 400 km de altitud. Desplegó su carga útil científica y realizó mediciones como su función principal durante dos años. También, actuará como relevo para la misión siguiente-ExoMars y en el año 2025 aún continúa operativo.

ExoMars 2028.

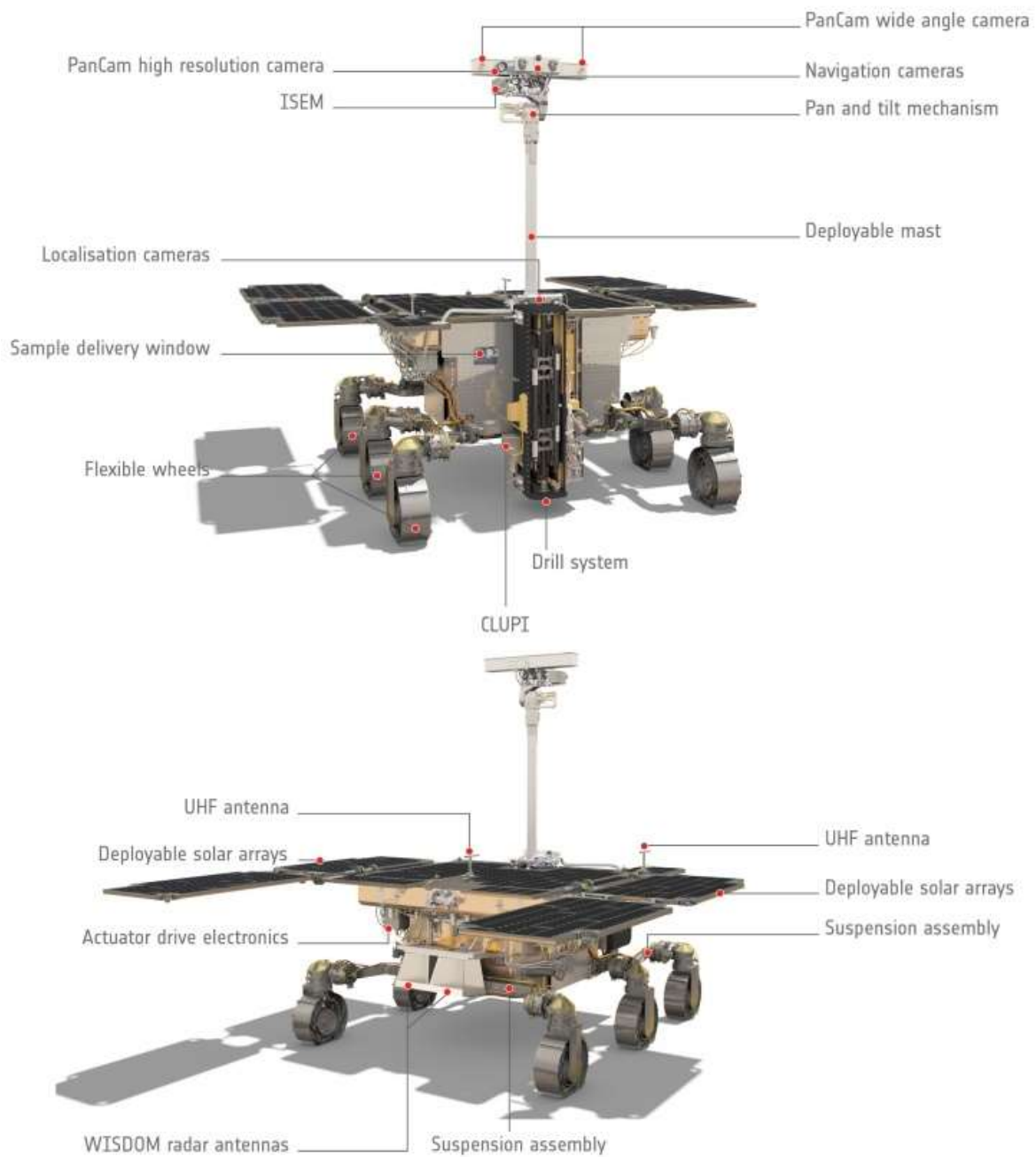
Originalmente esta misión estaba prevista ser lanzada al espacio inicialmente en el año 2018, y se retrasó para el año el 2022 como ExoMars 2022, pero esta misión sufrió retrasos debido que Roscosmos dejó de trabajar con la ESA tras la invasión a Ucrania por parte de Rusia, por lo que ESA se quedó sin la plataforma de superficie Kazachok que debía desarrollar Rusia, para poder lanzar Rosalind Franklin hacia la superficie de Marte y actualmente, la empresa Thales Alenia Space tiene el contrato para desarrollar la plataforma de amortiguación, esta misión se tiene previsto que sea lanzada al espacio el año 2028.

El rover europeo, llamado Rosalind Franklin, que forma parte del programa ExoMars está previsto que se lance en 2028. Los principales objetivos científicos de la misión son buscar signos de vida pasada y presente en Marte; investigar cómo varía el agua y el entorno geoquímico; e investigar los gases traza atmosféricos marcianos y sus fuentes. El programa ExoMars también, se dedica a probar y demostrar tecnologías esenciales de vuelo y habilitación in situ que son necesarias para futuras misiones de exploración, como una misión internacional de retorno de muestras de Marte.



El rover y una plataforma de superficie que se construirá se transportarán dentro de un solo aeroshell. Un módulo de descenso utilizará un escudo térmico, paracaídas, propulsores y sistemas de amortiguación para proteger el paquete, reducir la velocidad y permitir un amortizaje controlado. El desembarco estaba previsto en la región de Oxla Planum. Se planea que el rover recorra varios kilómetros durante su misión. El rover solo se comunicará en sesiones cortas con la Tierra, una o dos veces al día, utilizando un satélite de retransmisión, TBD.

El rover tiene seis ruedas, tres pares que se pueden conducir y dirigir de forma independiente. Cada rueda se puede girar para ajustarse a la altura e inclinación del rover. Una navegación autónoma permite viajar a unos 100 metros por sol (un día marciano, unas 24,66 horas), con comandos terrestres cargados una o dos veces por sol. Se utilizan cámaras e inclinómetros para evitar colisiones, giroscopios y sensores solares para garantizar la seguridad durante el viaje autónomo. El rover funciona con energía solar con baterías y calentadores para sobrevivir durante la noche. Un mástil sobresale desde el centro de la plataforma del rover, con una cámara panorámica estéreo (PanCam) en la parte superior.



Rover Rosalind Franklin. Créditos: ESA, Airbus.



Artículo Nº 11 / 2025

“LA GUERRA DE RUSIA Y UCRANIA”

CONSIDERACIONES Y DESAFÍOS PARA LA PRÓXIMA CUMBRE DE LA OTAN

Por Jorge Robles Mella, Director Ejecutivo del Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales de la Fuerza Aérea de Chile.

I.- INTRODUCCIÓN.

Sin lugar a duda que estamos viviendo tiempos de profundos cambios tanto globales como regionales, donde cada día nacen grandes preguntas por la situación que se observa. Por ejemplo, en el mes de mayo del presente año se han efectuado numerosas celebraciones por los 80 años del término de la Segunda Guerra Mundial, las que se llevaron a cabo en varios países de Europa y el mundo, conmemorando la victoria de los Aliados sobre la Alemania Nazi.

En Londres, se efectuó un gran desfile junto a un homenaje a los pocos veteranos sobrevivientes como asimismo un reconocimiento a la Reina Isabel II. En Francia, el presidente Emmanuel Macron encabezó la conmemoración, entregando una corona de flores ante la estatua del general Charles de Gaulle con un discurso en el Arco del Triunfo ante una Europa que hoy se encuentra amenazada por la guerra. En Alemania, el país tuvo en día festivo el pasado 8 de mayo, donde estaba planeado que el presidente Frank Walter Steinmeier asistiera a una celebración en la iglesia del Recuerdo del Emperador Guillermo, lugar con significado de paz y reconciliación en Berlín. En Estados Unidos, el presidente Donald Trump proclamó el 8 de mayo como día nacional para celebrar la victoria en la Segunda Guerra Mundial, destacando el papel decisivo del país en el conflicto.

Sin embargo, en paralelo con esta celebración nos encontramos con la situación que se está viviendo en Europa, afectada por la guerra que aún se mantiene entre Rusia y Ucrania por más de tres años. Ante este escenario, la próxima cumbre de la OTAN, que se celebrará en La Haya entre 24 al 26 de junio, contrasta con la celebración de los 80 años del término de la Segunda Guerra Mundial.



Por lo anterior, la próxima conferencia cumbre de los líderes de los 32 Estados miembros de la OTAN, se desarrollará en un escenario que se presenta con grandes desafíos globales y de su organización.

El presente texto explorará una breve reseña histórica de la alianza, asimismo, como se han ido desarrollando sus conceptos estratégicos en el tiempo y finalmente y cuál es la situación actual con la cual se presenta la organización a su nueva cumbre. Todo lo anterior, permitirá entregar algunas consideraciones y desafíos parciales del conflicto de Rusia Ucrania, con la dificultad que tiene la alianza, frente a la cita de finales de junio en La Haya.

II.- BREVE HISTORIA DE LA OTAN.

La Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) fue fundada en el año 1949 al término de la segunda guerra mundial por un total de 12 países, 10 de ellos europeos más los Estados Unidos y Canadá. Su principal objetivo era contrarrestar la amenaza que significaba la Ex Unión Soviética y poder asegurar la defensa colectiva de sus países miembros, lo que quedó plasmado en el artículo 5 del tratado que dio origen a la organización.



La OTAN fue creada con la firma del Tratado de Washington el 4 de abril de 1949.

A lo largo de su historia, se pueden observar tres grandes etapas en su desarrollo: una primera etapa que comprende desde sus inicios hasta el término de la Guerra Fría, una segunda etapa, desde el término de la Guerra Fría hasta el inicio de la Guerra Rusia Ucrania, y una tercera etapa, que corresponde a la situación actual, la cual está presentando grandes desafíos a la alianza debido a la crisis que ha provocado dicha guerra.

A.- PRIMERA ETAPA.

Tal como se mencionó, en sus inicios fueron 12 países integrantes, posteriormente, en febrero de 1952 se une Grecia y Turquía, así la Alianza pasó a tener 14 miembros. Posteriormente, con la incorporación de la Alemania Occidental en mayo de 1955 la organización aumento así a 15 miembros.

Sin embargo, en de mayo de 1955, la Unión Soviética y sus estados satélites crearon el Pacto de Varsovia tras la entrada de Alemania Occidental en la OTAN y como una reacción a la creación de esta última.

Así, la alianza comenzó un trabajo de consolidación durante la década de los años 60 y 70, en dicho periodo no se incorporó ningún otro país. Sin embargo, en diciembre de 1979 se comenzó a producir una crisis de la OTAN producto de la acumulación militar en todo el Pacto de Varsovia, incluido el despliegue de misiles SS-20 y otros sistemas de armas nucleares por parte de la Unión Soviética. Por lo anterior, los miembros de la OTAN acordaron desarrollar una estrategia con dos enfoques paralelos y complementarios.

Por un lado, continuar las negociaciones sobre el control de armas con la Unión Soviética y, por otro lado, modernizar las capacidades nucleares de la OTAN, para garantizar una disuasión equilibrada y creíble.

En forma paralela en el año 1982 se incorpora España, pasando a ser el país número 16 de la alianza como parte de esta primera etapa de la Alianza.

B.- SEGUNDA ETAPA.

Sin lugar a duda, el inicio de la segunda etapa lo encontramos cuando la Unión Soviética colapsa a fines de la década del 80, situación que ocurre en forma paralela cuando la OTAN lanza el Consejo de Cooperación del Atlántico Norte (NACC), el que correspondía a un nuevo foro que reúne a los aliados de la OTAN con los antiguos rivales del Pacto de Varsovia de Europa Central y Oriental.



Fue así como el Pacto de Varsovia se disolvió oficialmente el 1 de julio de 1991. La disolución de la Unión Soviética marca el fin de la Guerra Fría iniciando la segunda etapa de la OTAN donde se incorporaron 14 países más (varios de ellos de la Ex Unión Soviética) a la Alianza, llegando la OTAN estar conformada por 30 países.

C.- TERCERA ETAPA.

Esta etapa se inicia en el año 2022 con tres grandes hitos:

1. Inicio de la guerra de Rusia con Ucrania.
2. Aprobación del concepto estratégico 2022 de la OTAN en su cumbre de Madrid en junio del 2022.
3. Invitación de incorporarse a Finlandia y Suecia a la Alianza, lo que se concretó en abril del 2023 y en marzo del 24 respectivamente.



III.- DESARROLLO DE LOS CONCEPTOS ESTRATÉGICOS DE LA OTAN EN SU HISTORIA.

El desarrollo de los Conceptos Estratégicos de la Alianza tiene como propósito ir presentado la naturaleza de las funciones de la OTAN. En dichos documentos, se dan sus tareas fundamentales de seguridad, junto con los desafíos y oportunidades a los que se enfrenta en un entorno de seguridad tan cambiante desde su creación, y se han ido desarrollando en consecuencia, en forma paralela a las tres etapas de su historia, que se señalaron anteriormente.

Asimismo, se debe considerar que los conceptos estratégicos, especifican los elementos del enfoque de la Alianza en materia de seguridad y proporcionan las directrices necesarias para su adaptación tanto política como militar¹².

A.- En la primera etapa de funcionamiento nos encontramos que su primer Concepto Estratégico para la defensa del Área del Atlántico Norte (MC3 de 19 de octubre de 1949) y corresponde al periodo en que la OTAN no tenía estructura militar. Posteriormente, con el avance de la alianza, se elaboraron 3 nuevos conceptos estratégicos, en los cuales se definía una estrategia orientada a contrarrestar el Pacto de Varsovia.

B.- En la segunda etapa, los Conceptos Estratégicos fueron variando producto entre otros aspectos, entre ellos el fin de la guerra fría y el nuevo escenario de la seguridad en su zona de influencia. Así, se elaboraron 3 diferentes Conceptos Estratégicos durante este periodo, que correspondieron a los años 1991, 1999 y 2010.

En todos ellos en general, se mantienen las tres tareas centrales: la defensa, la gestión de crisis y la seguridad cooperativa. Sin embargo, estos a pesar de que trataron de adaptarse a los fluctuantes cambios geopolíticos y los nuevos escenarios, en algunos momentos fueron sobrepasados por los hechos.

En esta etapa se va observando un cambio, a partir del concepto estratégico del año 1999, donde aparecen nombrados, aunque en forma muy sucinta, los actos de terrorismo entre otros riesgos los que fueron reconocidos por la alianza para su seguridad. Entre estos se pueden mencionar los hechos ocurridos en Nueva York en 1993 y en París en 1995 ambos con una gran cantidad de víctimas.

Sin embargo, el atentado del 11 de septiembre del 2001 en Estados Unidos obligó a la alianza ampliar su visión considerando que los actos terroristas estaban aumentando en el mundo y también en especial por el avance tecnológico que existía detrás de estos.

¹² [OTAN - Tema: Conceptos Estratégicos](#)

Asimismo, y dentro de estos grandes cambios también se puede mencionar, la guerra de los Balcanes, el ascenso de China en el ámbito mundial. Por otro lado, existió un cierto acercamiento a Rusia en el año 1997, que se puede observar en el concepto estratégico del 2010.



Dicho Concepto Estratégico, adoptado en Lisboa en el año 2010, buscó encontrar un equilibrio entre las denominadas tres funciones básicas de la Alianza: la defensa colectiva, la gestión de crisis y la seguridad cooperativa. El concepto estratégico de Lisboa se inspiró en buena medida en su predecesor (adoptado en Washington en 1999) y representa la cristalización de la experiencia de la OTAN en la era de la post Guerra Fría, en una época marcada por la supremacía militar y tecnológica de Occidente y la aparente inexistencia de competidores pares.

Sin embargo, lo anterior se fue distanciando por el avance de la organización hacia el Este, la intervención de la alianza en Kosovo y en forma muy especial por la invasión de Rusia en Ucrania en el año 2014. Con el transcurso de los años, y considerando los avances de las nuevas amenazas, la alianza desde la cumbre de Londres del año 2019 comenzó a planificar la agenda OTAN 2030, teniendo presente entre otros aspectos, las nuevas amenazas en el entorno de la seguridad, la invasión de Rusia en Ucrania, el terrorismo, los ataques cibernéticos, las tecnologías disruptivas, el cambio climático, y los grandes desafíos en el ámbito de la seguridad impuesto por Rusia y China¹³.

C.- En su tercera etapa, la agenda 2030 que se había diseñado previamente por la alianza, fue la base para llegar a su Concepto Estratégico 2022 actualmente vigente.



Este concepto fue aprobado en la reunión N° 73 de la OTAN realizada en España en el mes de junio del año 2022 como una forma de celebrar los 40 años de su integración a la Alianza. El Concepto Estratégico del año 2010, tenía 38 puntos vs los 49 puntos del Concepto Estratégico 2022.

En este último concepto, se vislumbra un mayor énfasis en los ámbitos de la Seguridad y Defensa acorde a lo considerado en la agenda 2030 y a la situación vigente que estaba viviendo la alianza en el año 2022

Dentro de los temas más significativos del concepto estratégico vigente, es interesante mencionar los siguientes puntos:

1. Asegurar y fortalecer la defensa colectiva y la seguridad de sus países miembros por medios políticos y militares.

¹³ [Agenda OTAN 2030 y Concepto Estratégico 2022: DOI: http://dx.doi.org/10.18847/1.15.7](https://doi.org/10.18847/1.15.7)
[| Revista de Estudios en Seguridad Internacional](#)

2. El terrorismo, al igual que el CE 2010, se define como una amenaza para la alianza y la paz internacional, lo que se puede reconocer como una tendencia del terrorismo global en la actualidad.
3. En cuanto a las fuerzas disponibles, se hace presente que existirá un importante incremento de ellas, tanto en fuerzas convencionales como nucleares, como, asimismo, en la integración e interoperatividad de las fuerzas.
4. La futura relación que debe tener la alianza tanto con Rusia como con China para los futuros escenarios que debe enfrentar la alianza.
5. La resiliencia tecnológica que necesita la alianza, tanto con las tecnologías emergentes y disruptivas, que le permitan asegurar la mantención de la superioridad tecnológica de los países miembros y de su fuerza.
6. Los efectos del cambio climático para la seguridad de la alianza como, asimismo, ayudar a reducir los efectos negativos que este cambio implica en el mundo.

Como se puede observar, la evolución de los conceptos estratégicos son un reflejo de la situación política de la Alianza y de la necesidad de ir adaptando la forma como desarrolla su estrategia, tanto en los ámbitos políticos como militares, frente a las nuevas amenazas.

IV.- SITUACIÓN ACTUAL DE LA OTAN PARA LA REUNIÓN N°76 EN JUNIO DEL 2025.

Debemos recordar que la invasión de Rusia a Ucrania se inició en el año 2014 con la anexión de Crimea. Lo anterior, se convirtió en el foco de una de las peores crisis entre Rusia y Occidente desde la Guerra Fría y en forma especial afecto a la Alianza. Asimismo, se debe tener presente que, en la cumbre de la OTAN del año 2008 en Bucarest, se tomó el compromiso que en el futuro Ucrania se convertiría en miembro de la OTAN, lo cual fue visto por Rusia como una amenaza directa a su seguridad.

Es así como se llega al 24 de febrero de 2022, fecha en la que Rusia inició una invasión a gran escala de Ucrania, justificando dicha acción militar declarando que quería "desmilitarizar" Ucrania, restringiendo además su acercamiento a la OTAN.

Tal como se mencionó anteriormente, y como una forma de facilitar la situación actual de la Alianza para su nueva cumbre, en lo que hemos denominado su tercera etapa, en el presente punto se detallarán aquellos aspectos que se estiman necesarios considerar en su situación actual y que corresponde a: los nuevos miembros que se integraron a la alianza, el detalle de las cumbres de la alianza desarrolladas en este periodo y finalmente, la posición del nuevo gobierno de los Estados Unidos.

A.- NUEVOS MIEMBROS DE LA ALIANZA.

En la cumbre de España 2022, se consolidó la invitación de incorporación de Finlandia y Suecia a convertirse en miembros de la OTAN, elaborándose los respectivos Protocolos de Adhesión.

1.- INCORPORACIÓN DE FINLANDIA.

La cooperación finlandesa con la OTAN se basó históricamente en su política de no alineamiento militar y en un firme consenso político nacional. Sin embargo, esto cambió en el año 2022, tras la invasión a gran escala de Ucrania por parte de Rusia. Con lo anterior, Finlandia dejaba atrás los casi 80 años de no alineamiento, considerándose históricamente en un país que ha mantenido una postura neutral.

La incorporación de Finlandia a la OTAN se concretó el 4 de abril del año 2023. Su incorporación es sin lugar a duda un hito significativo, ya que Finlandia buscó tener una mayor seguridad y protección bajo el apoyo de la alianza. Asimismo, se debe considerar que el ingreso de Finlandia en la OTAN, añade 1.300 kilómetros de frontera directa con Rusia, lo que representa un desafío estratégico para Rusia, permitiendo a la OTAN acercarse más a Rusia. Además, la capacidad militar finlandesa fortalece la capacidad defensiva de la OTAN, ya que dicho país cuenta con fuerzas armadas bien entrenadas y equipadas en especial para operar en climas fríos.

Con lo anterior, Finlandia se convirtió en el miembro número 31 de la OTAN, ante lo cual la alianza hacía presente que Finlandia será más segura y que la OTAN será más fuerte.



2.- INCORPORACIÓN DE SUECIA.

Suecia siguió un camino similar al de Finlandia hacia la adhesión a la OTAN: se unió al programa Asociación para la Paz en 1994, contribuyó ampliamente a las actividades de la OTAN como socio cercano durante casi tres décadas y revirtió su política de no alineamiento militar tras la invasión de Rusia en 2022 a Ucrania, situación muy similar a la presentada por Finlandia.

Junto con Finlandia, Suecia presentó su carta oficial de solicitud el 18 de mayo de 2022 y recibió la invitación de los líderes aliados para convertirse en miembro de la OTAN en la Cumbre de Madrid del año 2022 convirtiéndose como invitado oficial el 5 de julio, cuando los Aliados firmaron los Protocolos de Adhesión.

Suecia depositó su Instrumento de Adhesión al Tratado del Atlántico Norte el 7 de marzo de 2024, convirtiéndose en el 32 país miembro de la OTAN. La incorporación de Suecia a la OTAN es un acontecimiento significativo, fortalece la presencia de la Alianza Atlántica en el Mar Báltico, la cual es una región estratégica debido a su acceso marítimo a ciudades rusas como San Petersburgo y Kaliningrado. Asimismo, Suecia aporta importantes medios de defensa al potencial de la OTAN y además su posición geoestratégica es vital para la alianza.

En resumen, la incorporación de Finlandia como de Suecia a la OTAN es vital para la alianza, ya que refuerza la seguridad y la estabilidad en la región, potenciando las capacidades defensivas en la zona norte de Europa, y fortaleciendo la presencia en la región.

B.- CUMBRES DE LA OTAN EN LA TERCERA ETAPA.

En esta etapa se han desarrollado 3 diferentes cumbres las que se detallarán en forma genérica a continuación:

1.- CUMBRE DE MADRID AÑO 2022.



La cumbre N° 73 de la alianza se efectuó en Madrid en junio del año 2022¹⁴. Considerando lo que estaba ocurriendo en Europa, esta cumbre tuvo un marco especial en su agenda con tres grandes temas en lo general: la aprobación de su nuevo Concepto Estratégico 2022, la incorporación de dos nuevos miembros (Finlandia y Suecia) y finalmente, la situación que se estaba viviendo con la guerra Rusia Ucrania, colocando a Rusia como una amenaza directa a la alianza, por lo que se consideró la participación del presidente de Ucrania Volodímir Zelenski en dicha cumbre.

En la declaración final de esta cita, se hace presente como la alianza continúa enfrentándose a distintas amenazas desde todas las direcciones estratégicas. Haciendo presente que Rusia es la amenaza más importante y directa para la seguridad de los Aliados para la Paz y la estabilidad en la zona euroatlántica. Asimismo, reconocen que el terrorismo, en todas sus formas y manifestaciones, sigue planteando una amenaza directa a la seguridad, a la estabilidad y la prosperidad internacional.

En relación con el apoyo de Ucrania, hacen presente la determinación común de responder a la guerra de Rusia poniendo de manifiesto la fortaleza de la alianza que es única y esencial, y continuaran e intensificaran aún más el apoyo político y práctico al estrecho socio de Ucrania, reforzando el paquete de apoyo necesario.

¹⁴ [OTAN - Texto oficial: Declaración de la Cumbre de Madrid emitida por los Jefes de Estado y de Gobierno de la OTAN \(2022\), 29-jun.-2022](#)

2.- CUMBRE DE VILNIUS AÑO 2023.



La cumbre N° 74 de la alianza se efectuó en Vilnius en julio del año 2023¹⁵ se centró en la guerra Rusia Ucrania, para lo cual participó el presidente Zelenskyy de Ucrania a la reunión inaugural del Consejo OTAN, también se vieron algunos aspectos de los recursos y una visión de futuro de la alianza.

En el comunicado final se señala como la paz en la zona euroatlántica está en graves riesgos, reiterando que la OTAN es una Alianza defensiva y que permite coordinar y actuar en todos los asuntos relacionados con la seguridad individual y colectiva de sus miembros, y se reiteró el compromiso de defenderse mutuamente, defender cada centímetro del territorio de la alianza, proteger mil millones de ciudadanos, salvaguardar la libertad y democracia de sus miembros.

Se hace presente de como Rusia es plenamente responsable de una guerra de agresión ilegal, injustificable y no provocada contra Ucrania, que ha socavado gravemente la seguridad euroatlántica y mundial y por la que debe rendir cuentas plenamente. Por lo que se insta a Rusia, a poner fin de inmediato a esta guerra y de cesar el uso de la fuerza contra Ucrania, retirando completa e incondicionalmente todas sus fuerzas y equipos del territorio de Ucrania dentro de sus fronteras internacionalmente reconocidas. Asimismo, se señala que el futuro de Ucrania está en la OTAN. Donde se reafirmó el compromiso que asumió en la Cumbre de 2008 en Bucarest, de que Ucrania se convertirá en miembro de la OTAN,

Además, se hace presente la profundización de la asociación estratégica entre la República Popular China y Rusia y que sus intentos de socavar el orden internacional basado en normas son contrarios a los valores e intereses de la alianza.

De la misma forma se reitera a sus miembros con el compromiso permanente de invertir al menos el 2% de su Producto Interior Bruto (PIB) anual en defensa, reconociendo que se necesita con urgencia cumplir de manera sostenible con los compromisos como aliados de la OTAN, incluido el cumplimiento de los principales requisitos de equipamiento de larga data y los objetivos de capacidad de la OTAN, de dotar de recursos a los nuevos planes de defensa y modelo de fuerza de la OTAN.

En este tema se señala la necesidad que, en algunos casos, será necesario un gasto superior al 2% del PIB para remediar los déficits existentes y cumplir con los requisitos en todos los ámbitos que surjan de una orden de seguridad más controvertido.

¹⁵ [NATO - Official text: Vilnius Summit Communiqué issued by NATO Heads of State and Government \(2023\), 11-Jul.-2023](#)

Asimismo, se le dio la bienvenida a Finlandia como nuevo miembro de la alianza y se dio las gracias a Turquía por retirar su bloqueo a la adhesión de Suecia para integrarse como nuevo miembro de la alianza. El mejor resumen de esta conferencia se encuentra en las palabras del secretario general de la OTAN Jens Stoltenberg, al señalar¹⁶:

“Acogemos con beneplácito la participación del Presidente Zelenskyy en esta Cumbre. Nos solidarizamos plenamente con el gobierno y el pueblo de Ucrania en la heroica defensa de su país. Reiteramos nuestro apoyo inquebrantable a la independencia, la soberanía y la integridad territorial de Ucrania dentro de sus fronteras internacionalmente reconocidas que se extienden hasta sus aguas territoriales. Apoyamos plenamente el derecho inherente de Ucrania a la legítima defensa y a elegir sus propios arreglos de seguridad. Acogemos con beneplácito los esfuerzos de todos los aliados que participan en la prestación de apoyo a Ucrania. Les asistiremos adecuadamente, reconociendo su situación específica”

3.- CUMBRE DE WASHINGTON AÑO 2024.



La cumbre N° 75 de la alianza se efectuó en Washington en el mes de julio del año 2024¹⁷. En esta nueva reunión y considerando que la guerra Rusia Ucrania, la que lleva más de tres años, se repiten varios conceptos de las anteriores, como asimismo nuevamente participa el presidente Zelenskyy de Ucrania.

Asimismo, se hace presente la necesidad de mantenerse unidos y solidarios frente a la brutal guerra de agresión en el continente europeo y en un momento crítico para nuestra seguridad de la alianza. Se reiteró el compromiso de defenderse unos a otros y cada centímetro del territorio aliado de la alianza, y se debe garantizar la defensa colectiva contra todas las amenazas y desde todas las direcciones a sus miembros. Además, se da la bienvenida a Suecia como miembro N° 32 de la alianza, resaltando que con la histórica adhesión de Finlandia y Suecia la alianza es más fuerte.

Se reitera una vez más que la invasión a gran escala de Ucrania por parte de Rusia ha destrozado la paz y la estabilidad en la zona euroatlántica y que ha socavado gravemente la seguridad mundial. Señalando que Rusia sigue siendo la amenaza más importante y directa para la seguridad de los Aliados.

¹⁶ [OTAN - Cumbre de la OTAN 2023](#)

¹⁷ [OTAN - Texto oficial: Declaración de la Cumbre de Washington emitida por los Jefes de Estado y de Gobierno de la OTAN \(2024\), 10-Jul.-2024](#)

Además, se reconoce como una amenaza la fragilidad y la inestabilidad en África y el Oriente Medio, lo que afecta directamente la seguridad de los miembros de la alianza.

Se reconoce el mayor refuerzo de la defensa colectiva y de cómo se está cumpliendo las decisiones de la Cumbre de Madrid y Vilnius de modernizar la OTAN para una nueva era de defensa colectiva. Además, no se descarta la posibilidad de un ataque contra la soberanía y la integridad territorial de los Aliados. Asimismo, se reconoce que más de dos tercios de los miembros de la alianza han cumplido el compromiso de al menos el 2% del PIB de gasto anual en defensa.

En relación con la guerra de Rusia y Ucrania se reafirma la inquebrantable solidaridad con el pueblo de Ucrania en la heroica defensa de su nación, donde una Ucrania fuerte, independiente y democrática es vital para la seguridad y la estabilidad de la zona euroatlántica. Se señala que el futuro de Ucrania está en la OTAN y que se ha vuelto cada vez más interoperable y políticamente integrada en la alianza.

Finalmente, se reitera que Rusia es la única responsable de su guerra de agresión contra Ucrania, la que corresponde a una violación flagrante del derecho internacional, incluida la Carta de las Naciones Unidas. Señalando que no puede haber impunidad por los abusos y violaciones de los derechos humanos, los crímenes de guerra y otras violaciones del derecho internacional por parte de las fuerzas rusas.

En resumen, en las conferencias se han centrado en el contexto de la guerra entre Rusia y Ucrania. En la cumbre del año 2022, se tomaron decisiones clave para aumentar la presencia militar en los países del con el fin de disuadir cualquier posible avance ruso, pero por sobre todo se acordó proporcionar asistencia militar y humanitaria a Ucrania, incluyendo el envío de armas y equipos de defensa. La cumbre del año 2023 se centró en la modernización de las capacidades defensivas de la OTAN y en la mejora de la interoperabilidad entre las fuerzas armadas de los países miembros. Finalmente, en la cumbre del 2024, se abordó la necesidad de una mayor cooperación con socios globales y la importancia de mantener el apoyo a Ucrania a largo plazo. Sin embargo, la guerra de Rusia y Ucrania lleva al momento del presente artículo 3 años y tres meses, en los que las alternativas de parar la guerra, han sido infructuosas.

C.- PARTICIPACIÓN DE LOS ESTADOS UNIDOS.

En forma paralela, la participación de los Estados Unidos ha sido muy variada tanto con el apoyo de asistencia militar como diplomática. Sin embargo, con la llegada del presidente Trump se efectuó un cambio con la participación del vicepresidente JD Vance en su discurso en la Conferencia de Seguridad de Munich¹⁸.

En su presentación, deja ver varias cosas las cuales durante el presente año están teniendo un efecto en la relación de USA dentro de la OTAN.

¹⁸ <https://www.xn--elespaoldigital-3qb.com/wp-content/uploads/2025/02/DISCURSO-VICEPRESIDENTE-VANCE-EN-MUNICH.pdf>

Su texto parte señalando como la administración del presidente Trump está comprometida con la seguridad en Europa estimando que es posible alcanzar un acuerdo razonable entre Rusia y Ucrania, aclarando, además que Europa debe asumir un rol más destacado en su propia defensa, ambas situaciones han traído preocupación en preocupación en Europa.



Asimismo, se señaló en forma muy clara todos los retos urgentes a los que se enfrentan los países ahí representados. En su discurso, Vance destacó la necesidad de un cambio de régimen en Europa, señalando que la principal amenaza para el continente proviene de sus propias élites políticas, situación que ha generado un debate significativo, ya que algunos líderes europeos consideran que estas declaraciones podrían debilitar la unidad y la cohesión dentro de la Unión Europea y en forma especial en la OTAN.

V.- CONSIDERACIONES Y DESAFÍOS.

La conmemoración del 80 aniversario del término de la Segunda Guerra Mundial en 2025 se llevó a cabo con ceremonias y homenajes en todo el mundo, destacando tanto el recuerdo de los sacrificios pasados como las tensiones actuales que evocan las lecciones del conflicto. Sin embargo, nos encontramos a días de que se efectúe la nueva cumbre (Nº 76) de la OTAN que se realizará en La Haya y la alianza se encuentra en una situación que será clave, no solo para su futuro de la alianza sino también, por el ordenamiento global.

Considerando la historia de la OTAN, sus respectivos Conceptos Estratégicos y en forma especial lo que hemos denominado su tercera etapa, la situación actual lleva a reflexionar sobre lo qué viene para la OTAN. Quizás sea un regreso al esquema de la Guerra Fría, o un nuevo rearme de las naciones europeas con la modernización de sus fuerzas armadas, como también definir cuál será el rol que la alianza pretende cumplir en el concierto europeo. Por lo anterior a continuación se detallarán algunas consideraciones que se extraen en esta tercera etapa de la OTAN y además cuáles son los desafíos que afectan a la Alianza, para su próxima cumbre del presente mes:

A.- Consideraciones que se pueden deducir de la guerra de Rusia y Ucrania:

1. La guerra está demostrando una vez más que, a pesar de décadas de globalización y diplomacia multilateral, la fuerza militar sigue siendo una herramienta central en la política internacional.

2. La guerra entre Rusia y Ucrania comenzó en 2014 con la anexión de Crimea y se intensificó drásticamente en febrero de 2022 con la invasión a gran escala, su resultado puede redefinir el orden de seguridad en Europa, y además, puede tener efectos globales.
3. Contra lo que Rusia esperaba, la OTAN se está viendo obligado a reactualizarse y logró incorporar a países tradicionalmente neutrales como Finlandia y Suecia, sin embargo, la posición de la actual administración estadounidense le puede producir graves consecuencias futuras.
4. Europa dependía en gran medida del gas ruso. La guerra obligó a una reorientación energética urgente, acelerando la búsqueda de independencia energética y energías renovables. De la misma forma Rusia está reforzando lazos energéticos con China e India, pero perdió influencia clave en Europa.
5. Un gran aspecto, considerando que la guerra ya lleva más de tres años y tres meses, es que Ucrania ha demostrado una enorme voluntad de resistir, presentando una identidad nacional fuerte que ha contrarrestado la superioridad militar rusa. La guerra ha evidenciado la importancia de la defensa nacional como, asimismo, la importancia del liderazgo político y el apoyo civil al esfuerzo bélico que conlleva la guerra.
6. Rusia combinó la guerra convencional con ciberataques, propaganda y desinformación. Asimismo, tanto Rusia como Ucrania, han utilizado los avances tecnológicos con fines militares, destacándose el papel de las redes sociales, el uso de drones y la guerra electrónica como componentes clave de los actuales conflictos.
7. En el ámbito internacional China ha intentado mantener una posición ambigua, beneficiándose indirectamente de la distracción occidental y comprando energía rusa barata, asimismo no se ha observado un gran apoyo militar a Rusia, cuidando su imagen global y sus relaciones económicas con Occidente.
8. Una vez más, y con todos los conflictos actuales, se evidencia una fragilidad del derecho internacional, al violarse principios clave de soberanía e integridad territorial sin consecuencias inmediatas a aplicar por la ONU.

B.- Desafíos que se presentan para la próxima cumbre de la OTAN:

1. Desde que Rusia anexó Crimea en el año 2014, y previo a la guerra de febrero del 2022, se han efectuado una serie de reuniones y acuerdos que solo han pasado a ser parte de los elementos de la crisis entre ellos por más de una década.
2. Iniciada la guerra en el año 2022, se han efectuado diversas reuniones y cumbres internacionales con diferentes actores políticos internacionales las cuales no han llegado acuerdos.
3. Desde la cumbre de la OTAN del 2022 el tema de la guerra de Rusia con Ucrania ha sido el principal tema de la agenda a tratar y en todas ellas ha participado el presidente de Ucrania, sin embargo, esto no ha tenido ningún impacto ya que la guerra no se ha detenido.

4. Para el presente año (2025) se han efectuado algunas reuniones para alcanzar la paz, pero Rusia hace presente que los principales puntos a considerar en una futura paz serían:
 - a. Rusia ha exigido que Ucrania retire a sus fuerzas de Donetsk, Luhansk, Zaporíyia y Jersón, las cuatro regiones que Rusia se anexó ilegalmente en septiembre de 2022 pero que nunca ha controlado completamente durante la guerra.
 - b. El cese del suministro de armas occidentales o la prohibición de nuevas movilizaciones.
 - c. La no incorporación de Ucrania a la OTAN considerando que su adhesión a la alianza obliga a sus miembros a una defensa mutua.
 - d. Un rechazo a posibles fuerzas de paz extranjeras en Ucrania.
5. Durante el último mes de mayo de 2025, se inició una nueva serie de reuniones entre Ucrania y Rusia, las cuales han sido acompañadas con acciones importantes de uso de la fuerza:
 - a. En la primera reunión del mes de mayo, se acordó un intercambio de prisioneros y no se lograron avances sustanciales en la resolución del conflicto, fijándose una nueva reunión para el 02 de junio.
 - b. El 01 de junio un día previo a la segunda reunión, Ucrania efectuó la operación "Telaraña" la cual se efectuó en la profundidad del territorio ruso, con grandes pérdidas de su flota de transporte y de ataque estratégico. Esta operación, demostró una gran preparación tecnológica y de información. Aún está en duda que efectos que podría tener esta operación en las próximas reuniones de paz.
 - c. Para la segunda reunión del 2 de junio, se consideró presentar un memorando con las condiciones para un acuerdo de paz. Ucrania respondió que estaba dispuesta a participar, pero exige conocer de antemano las condiciones rusas antes de la reunión, sin embargo, esta situación no ocurrió, pero si se acordó un nuevo intercambio de prisioneros.
 - d. Durante esta reunión, Ucrania propuso celebrar una tercera reunión de conversaciones con Rusia a finales de junio entre el 20 al 30 de junio. Sin embargo, en esas mismas fechas, se estaría efectuando la nueva cumbre de la OTAN.
 - e. Al ataque de Ucrania del 01 de junio, Rusia posterior a la reunión del 02 de junio respondió con un ataque de más de 100 drones a diferentes regiones de Ucrania.
 - f. De la misma forma Ucrania al día siguiente atacó mediante una carga de explosivos los pilares del puente de Kerch, el cual separa Crimea del continente,

el que había sido inaugurado por Putin en el año 2018, como símbolo de control y pertenencia de esa zona.

- g. Algunas preguntas que se enfrentará la alianza para su próxima cumbre y que son partes de los desafíos que deberá resolver:
 - i. Si aceptará como miembro de la OTAN a Ucrania.
 - ii. Si no acepta a Ucrania como miembro de la alianza, como quedará la defensa de Ucrania a futuro.
 - iii. Con que posición se va a presentar los Estados Unidos en relación con la guerra de Rusia y Ucrania y el futuro de esta.

Finalmente se debe destacar la actitud de Turquía y su ministro de Asuntos Exteriores Hakan Fidan en las reuniones de la paz que se están efectuando, las que han sido presididas por él en las que ha señalado que el presidente turco Recep Tayyip Erdogan, está intentando que para la próxima reunión, se reúnan los líderes de Ucrania y Rusia en su país, e invitar también al presidente de Estados Unidos.

Otro elemento importante de la nueva cumbre de la OTAN en La Haya, es que esta será la primera cumbre de la OTAN dirigida por el nuevo Secretario General de la OTAN Mark Rutte, después de la salida de Jens Stoltenberg, quien estuvo una década como Secretario General de la OTAN.

Sin lugar a duda, que la cumbre N 76 de la OTAN debe ser observada como el mayor desafío que enfrentará la alianza en su historia. Dicha situación nos ratifica la gran transición del orden internacional que se está viviendo, en la que los acuerdos de esta nueva cumbre pueden tener grandes impactos que podrían afectar la situación en Europa con consecuencias en el ordenamiento global.

BIBLIOGRAFÍA:

<https://www.realinstitutoelcano.org/especiales/especial-ucrania/>
[NATO Review - El concepto estratégico de Madrid y el futuro de la OTAN](#)
[El conflicto Rusia-Ucrania. Antecedentes, contexto y perspectivas](#)
<https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/el-nuevo-concepto-estrategico-de-la-otan-logica-y-estructura-ari/>
[La guerra en Ucrania se estanca dos años después de la invasión rusa | Internacional | EL PAÍS](#)
<https://cienciapolitica.uc.cl/noticias/algunas-claves-para-entender-la-guerra-entre-rusia-y-ucrania>
[Rusia fija sus condiciones para una tregua y Ucrania propone una reunión con Trump y Putin a finales de junio | Onda Cero Radio](#)
[El papel de la OTAN en el conflicto entre Rusia y Ucrania | Foreign Affairs Latinoamérica | Revista oficial de Foreign Affairs Latinoamérica](#)

Artículo Nº12 / 2025

ATAQUE DE INDIA A PAKISTÁN DEL 7 DE MAYO UNA VISIÓN DESDE LA PERSPECTIVA CHINA



*Por René Jorquera Escobar. Director de Tecnología e innovación.
06 de junio de 2025. 10 min. De lectura.*

I.- Introducción.

A principios de mayo, el conflicto que por años han mantenido India y Pakistán tuvo un nuevo capítulo de violencia. Esta vez, India lanzó un ataque de represalia luego que el 23 de abril se produjera un ataque terrorista islámico en el valle de Baisaran de Jammu y Cachemira (India), que produjo la muerte a 27 personas e hirió a otras 20.

La escalada del conflicto, que se ha mantenido latente y a veces soterrado por décadas, revivió en la comunidad internacional el temor de una confrontación de mayor nivel entre dos potencias nucleares, con el riesgo cierto que alguna de las partes decidiera hacer uso del armamento atómico que posee, algo que a la postre no sucedió calmándose nuevamente las aguas.

Repentinamente, la crisis de estos dos países nos trajo de vuelta la forma tradicional de empleo del poder aéreo, mostrándonos que sigue vigente, como en los viejos tiempos. Cuando estábamos ya acostumbrándonos a nuevas tácticas de guerra, por las lecciones que nos han dejado la guerra de Rusia-Ucrania y el conflicto entre Israel e Irán, donde el uso profuso de drones parece haber cambiado la dinámica del campo de batalla, la crisis de India y Pakistán nos vuelve a lo básico, y aunque la información disponible es parcial y limitada, es posible realizar un análisis y aventurar algunas ideas o conclusiones preliminares.

El presente artículo, basado en la publicación “How China Helped Pakistan Shoot Down India’s Rafale — Not Only with Weapons” aparecido en la web del medio *The China Academy*, como también en otros artículos de opinión aparecidos en la prensa, está orientado a entregar una visión distinta, esta vez desde la perspectiva china, respecto del derribo del material Rafale durante la operación Sindoor, dando además una mirada a los alcances de la colaboración que tiene China con Pakistán.

II.- La mirada China.

Lo más publicitado de las acciones, que por cierto incluyeron la operación de más de un centenar de aeronaves, considerando a ambos bandos, fue el derribo de al menos 5 aeronaves de guerra de la India, entre ellos el que es considerado por algunos el caza de 4,5 generación más avanzado, el Rafale fabricado por Dassault Aviation. Este derribo fue toda una sorpresa para el mundo occidental y una herida en el orgullo nacional francés.



Un J-10C de las Fuerzas Aéreas de Pakistán. (PAF) Fuente: El Confidencial.

En estas operaciones, la Fuerza Aérea de Pakistán habría utilizado aeronaves JF-17 y J-10CE y el misil PL-15 E, el primero de los nombrados fruto de un proyecto conjunto chino- pakistaní y los dos últimos fabricados completamente en China. Lo anterior es producto de la estrecha relación de aliados que existe entre Islamabad y Beijing, alianza de larga data que actúa en contraposición a la cercana relación existente entre Rusia e India, balanceando de esta manera las fuerzas entre los principales países de esa región.

En el enfrentamiento aéreo del 7 de mayo hay un hecho que destaca de sobre manera, los aviones Rafale fueron derribados en territorio indio, mientras que las aeronaves pakistaníes habrían salido ilesas. Para los analistas de defensa esto se habría debido al alcance mayor del misil PL-15E, en la versión que se supone se le habría entregado a Pakistán, similar al alcance del misil Meteor de MBDA que pueden portar los aviones franceses, los que, en esta oportunidad aparentemente no los portaban. En este sentido, en 2022, India probó con éxito el misil Astra-II, de producción propia, en sus Su-30MKI, reclamando un alcance de 160 kilómetros. La pregunta que cabe hacerse es, ¿Por qué la Fuerza Aérea India no logró derribar ni una sola aeronave pakistaní ese día?



Avión JF-17 de Pakistán. Fuente: Fuerza Aérea Pakistaní.

Respecto a estas acciones militares, el ex coronel de la Fuerza Aérea China y estratega chino profesor Wang Xiangsui, expone que centrarse solo en las capacidades de las armas es una simplificación de lo ocurrido el 7 de mayo, cayendo así en la misma trampa que India. A juicio del estratega, la mayor asistencia que China proporcionó a Pakistán no son las armas de última tecnología, esta transferencia representa lo aparente, lo que subyace bajo esto es mucho más importante, es la adopción por parte de Pakistán de una doctrina de origen chino para hacer la guerra, la que traduce en tres conceptos estratégicos.

El primer concepto estratégico, conforme lo señala Wang Xiangsui, sería el de **Guerra de Sistemas**, la que se basa en la idea que en la guerra moderna el éxito no depende únicamente de la capacidad de los individuos o de las unidades aisladas sino de las capacidades de los sistemas interconectados para trabajar juntos de manera eficaz, estos sistemas incluyen todos los dominios en los cuales se puede librar la guerra. La Guerra de Sistemas requiere de la integración y coordinación de diferentes elementos o componentes para lograr la superioridad en el campo de batalla. De igual forma, la capacidad del adversario, y por ende la propia, debe ser vista desde la perspectiva de lo que conocemos como teoría de sistemas. La clave es determinar cuál es elemento del sistema que al ser neutralizado o dañado es el que me permitirá lograr el efecto mayor sobre su capacidad con el menor riesgo posible y con la mayor eficiencia. Esta visión también es válida para la construcción de las capacidades propias, ya que seremos tan fuertes como el eslabón más débil de la cadena, en este caso del sistema.

Volviendo ahora al ataque del 7 de mayo, la táctica empleada tiene mucho de engaño y sorpresa. Conforme lo habría señalado Defence Security Asia, durante la operación los aviones pakistaníes mantuvieron completo silencio de radar y radio, disparando sus misiles solo desde una distancia segura. La adquisición y guía del objetivo fueron manejadas por radares en tierra y aeronaves de alerta temprana en vuelo como el ZDK-03, aeronave que también es de procedencia China. Esto significa que, durante la mayor parte del vuelo de cada misil, los receptores de advertencia de radar del Rafale no detectaron la presencia de los misiles en vuelo. Para cuando el radar del misil se activó, a unos 20 kilómetros del objetivo, los pilotos indios casi no tenían tiempo para tomar medidas evasivas efectivas.

Los chinos han denominado esta táctica como ABC que significa “marcado por A, lanzado por B, guiado por C”, un sistema que divide las fases del combate en tres eslabones interconectados. Primero, radares terrestres detectan y fijan blancos enemigos (A). Después, cazas en patrulla conectados a estos radares por una red local disparan misiles desde distancias seguras, sin necesidad de estar cerca del objetivo (B). Finalmente, aviones de alerta temprana y control (AWACS) equipados con radares aerotransportados guían estas municiones hasta que impactan en sus blancos mientras los cazas se retiran, lejos del alcance de los aviones enemigos.

Para que esta táctica funcione requiere una red de datos que enlace a todos los componentes en tiempo real, lo que permite realizar ataques BVR con adquisición, disparo y guiado desde diferentes plataformas. Incluso un retraso de un segundo en la transmisión de datos puede ser fatal en combates modernos, asegura el medio vinculado a las corporaciones estatales chinas de defensa, China Space News. India, según el análisis, habría carecido de esta integración; sus radares terrestres, AWACS y cazas son de diversos fabricantes y nacionalidades, poseerían estándares y protocolos de comunicaciones que requieren de interfases especiales de comunicaciones lo que ralentiza la detección y respuesta.

En una red de enlace de datos de avanzada, la integración adecuada puede generar sinergias muy superiores a la suma de sus partes. En este sentido, la ventaja de Pakistán provino simplemente de la estandarización de su flota y de su capacidad de trabajar en red. Fue capaz de detectar la debilidad en su sistema y la transformó en su fortaleza: opera solo seis tipos de cazas y todos los aviones de combate y de alerta temprana adquiridos desde 2000 son de fabricación china. En contraste, India cuenta con catorce tipos de cazas de cinco naciones; en los últimos 25 años ha adquirido aviones de Rusia y Francia, y aviones de alerta temprana de Brasil, triplicando la complejidad de la integración del enlace de datos en comparación con Pakistán, lo que a la postre es una debilidad del sistema.

Si se observa únicamente las características y capacidades de los medios disponibles, y su rendimiento individual, la Fuerza Aérea de India no sería inferior. Sin embargo, su aviónica y sistemas de misiles provienen de fuentes totalmente incompatibles, frecuentemente adversarias entre sí. El medio periodístico Times of India reveló que los cazas rusos y franceses de India a veces ni siquiera lograban comunicarse, y mucho menos guiar los misiles del otro. Esta mezcla y combinación de medios provenientes de diferentes países y proveedores ha provocado incidentes fatales. En el 2019, se identificó erróneamente un helicóptero amigo como hostil, matando a siete personas. El incidente se debió a la incompatibilidad entre los misiles fabricados en Israel y los helicópteros de transporte rusos, que no podían compartir información de identificación amigo o enemigo.

Como una forma de enfrentar esta problemática, la India decidió desarrollar su propio sistema de enlace de datos llamado Vayulink, presentándolo en la exhibición Aero India 2023. Se informó que este sistema podría proporcionar identificación y posicionamiento precisos en tiempo real a las tres fuerzas. Pero un mes después, el medio Forbes informó sobre una colisión en el aire entre un Su 30MKI y un Mirage 2000 durante ejercicios, dejando un piloto muerto y otro herido. A la fecha es incierto si Vayulink puede realmente unificar la flota dispareja de India.

El segundo concepto estratégico, conforme lo señala Wang Xiangsui, establece que **las personas son el núcleo de las capacidades militares que se poseen**. Esto va en directa relación con lo declarado en 1938 por Mao Zedong, quien señaló; “Las armas son un factor importante en la guerra, pero no son el factor decisivo; el factor decisivo son las personas, no las cosas.”

Esta observación es especialmente cierta en el combate aéreo moderno donde el entrenamiento es esencial para el rendimiento de las tripulaciones. Los pilotos de Pakistán vuelan, en promedio, entre 30 y 40 horas más al año que sus homólogos indios. Desde 2011, la Fuerza Aérea de Pakistán ha participado en los ejercicios conjuntos Shaheen con la Fuerza Aérea China, perfeccionando tácticas aéreas avanzadas anualmente. Por su parte, la revista Military Observer señala que Pakistán dispone de un escuadrón agresor que vuela aeronaves J-10 simulando las capacidades del Rafale, proporcionando entrenamiento específico para enfrentar a este tipo de adversarios. Así, la capacidad de Pakistán de derribar los aviones Rafales en las operaciones del 7 de mayo no sería una casualidad, sino el fruto de una década de perfeccionamiento constante.

Por el contrario, la Fuerza Aérea de India lucha no solo con la calidad de entrenamiento, sino también con la disciplina básica. Conforme informa el medio The Print, de 2017 a 2022, más de la mitad de sus 34 accidentes de aeronaves tuvieron como causa errores humanos de sus tripulaciones, incluido el accidente fatal que mató al ex Jefe del Estado Mayor de Defensa, el General Bipin Rawat.

Una exposición de 2024 en el Hindustan Times reveló que, en la Base Aérea de Ambala, el primer centro Rafale de India, un Comandante de Ala fue acusado de violar a una interna civil. Otros medios de prensa revelan que el Oficial permaneció en servicio activo durante un año, incluso falsificando documentos para reclamarla como su cónyuge, sometiénola a abusos repetidos en áreas militares restringidas, como áreas de vuelo. El incidente puso de manifiesto graves violaciones de la disciplina militar, transacciones financieras fraudulentas y el riesgo para la seguridad de aeronaves y armamento en una base aérea activa. Sin embargo, la Fuerza Aérea India decidió tratar administrativamente al principal infractor, y no a través del proceso judicial militar.

Tal como se ve, hay diferencias en el entrenamiento de las fuerzas y también en la disciplina, elementos que sin lugar a duda influyen en el rendimiento de las tripulaciones. Los estándares de entrenamiento y disciplina de la India pueden ser una debilidad, la decisión de India de escalar el conflicto subraya su fracaso en reconocer que su mayor debilidad radicaría en su gente, no en su material y medios.

El tercer concepto estratégico involucrado es el que señala que **la Guerra es el asunto más serio del Estado**. Este concepto proviene del libro *El arte de la guerra* de Sun Tzu, que señala “La guerra es de vital importancia para el Estado; es el dominio de la vida o de la muerte, el camino hacia la supervivencia o la pérdida del Imperio: es forzoso manejarla bien”. En este sentido, la guerra pone a prueba las finanzas de una nación tanto como sus armas. Solo respondiendo “¿Por qué nos estamos preparando para la guerra?” y “¿Por qué estamos luchando?” puede un ejército comprender su sentido de vida y fijar sus objetivos más elevados.

Respecto de estas preguntas, Pakistán parece tener respuestas claras. Desde 1947, India y Pakistán han librado tres guerras importantes, y la frontera aún en disputa sigue siendo una presión de seguridad tangible sobre Pakistán que enfrenta a un adversario que posee un poder militar convencional muy superior. Mientras tanto, ciertos políticos indios avivan choques fronterizos siempre que su popularidad disminuye, utilizando al ejército como una herramienta de movilización para votos nacionalistas, empujando así constantemente a las fuerzas armadas de Pakistán a estar preparadas y mantener una defensa fuerte.

Algo similar ha sucedido con China, y aunque la disputa fronteriza con India ha persistido, este país ya no era su principal preocupación después de la guerra de 1962; el verdadero trauma ocurrió en mayo de 1999, cuando Estados Unidos bombardeó la embajada de China en Yugoslavia, ataque en el cual murieron tres periodistas chinos. Según el derecho internacional, esto habría sido un ataque directo a territorio chino, sin embargo, Estados Unidos señaló que había sido un “accidente”, confiado en que China carecía de medios de represalia. Esa arrogancia impulsó el “Proyecto 995” de China, propiciando el rápido desarrollo de misiles, cazas y otras armas estratégicas, además de nuevas tecnologías, que le permitieran garantizar una capacidad de respuesta ante una situación como la acaecida en Belgrado.

III.- Conclusión.

Tal como se ha planteado, Pakistán, además de adquirir material militar chino, habría hecho suyos los conceptos estratégicos provenientes de la doctrina de dicho país, fortaleciendo la capacidad de enlaces y coordinación de sus fuerzas, en concordancia con lo que señala la Guerra de Sistemas, invirtiendo también en la capacidad y entrenamiento de sus tripulaciones, y colocando como objetivo principal de sus fuerzas la defensa de su integridad territorial. Todo esto habría marcado la diferencia en su última crisis con la India.

Por otra parte, al parecer, los conflictos modernos ya no se decidirán solo por la potencia de fuego, sino por la capacidad de integrar sistemas dispersos (Radares, cazas, drones, etc) en una red única, y a juicio de los analistas, el combate estaría evolucionando hacia un enfrentamiento sistémico, inteligente y asimétrico.

A este respecto, hasta ahora se pensaba que sólo Estados Unidos, pionero en redes como el Link 16, y la OTAN, tenían este tipo de redes inteligentes donde los datos se comparten en tiempo real por todos los elementos en combate. El resultado de las acciones del 7 de mayo parece demostrar que China ya ha desarrollado una capacidad equivalente contrariando así a los expertos occidentales que afirmaban que Pekín todavía no dominaba esta tecnología. Hoy, los entendidos en la materia estiman que las fuerzas que no unifiquen sus sistemas y estandaricen sus redes de datos, como le ocurrió a India, serán derrotados.

Lo ocurrido el 7 de mayo es una alerta y un desafío para occidente. No sólo debe mantener su ventaja tecnológica, sino también contrarrestar una posible proliferación de sistemas ABC respaldados por China en todo el mundo, capaces de convertir equipos dotados de menos tecnología y capacidades, pero bien coordinados, en una amenaza letal para sus fuerzas y las de sus aliados. La lección de Cachemira trae de la mano una advertencia: en la guerra del futuro, la suma efectiva de las partes será más letal que sistemas de tecnología superior mal coordinados.

Por último, es importante comprender que el pensamiento militar chino no obedece a los patrones tradicionales que imperan en occidente y que para entender su forma de plantearse ante el conflicto bélico es necesario revisar previamente a Sun Tzu y a Mao Zedong.

Bibliografía:

- 1.- <https://thechinaacademy.org/how-china-helped-pakistan-shoot-down-indias-rafale/#>
- 2.- https://www.elconfidencial.com/tecnologia/novaceno/2025-05-21/experto-militar-clave-victoria-armas-china-pakistan-rafale-indio_4133823/
- 3.- https://www.elconfidencial.com/tecnologia/novaceno/2025-05-13/china-pakistan-india-clave-victoria-j-10c-contra-rafale_4128272/
- 4.- <https://israelnoticias.com/militar/pakistan-derriba-3-rafale-1-mig-29-y-1-su-30-mki-de-la-india/>

Artículo Nº 13 / 2025

Operación Telaraña

Por Equipo CEEA.

10 de junio de 2025. 08 min. De lectura

I.- Introducción.

La llamada “Operación Telaraña”, realizada el 01 de junio por Ucrania contra bases aéreas rusas ubicadas en la profundidad de su territorio, expuso una vulnerabilidad que ya habíamos planteado y que debe inquietar a todos, y esta es que los drones suicidas de pequeño tamaño son un peligro para las fuerzas militares y su neutralización constituye todo un desafío. Si Ucrania pudo infiltrar drones en las cercanías de las bases militares en un estado con medidas de seguridad como las rusas, que puede impedir que un adversario haga lo mismo con nuestras bases, o que un movimiento terrorista realice atentados utilizando drones que pueden pasar desapercibidos y que son controlados a distancia.

La operación realizada por Ucrania no deja de tener un gran parecido con el ataque realizado por Israel contra los combatientes de Hamas mediante el uso explosivos en los sistemas buscapersonas, en septiembre del 2024, en particular por la complejidad de las operaciones y por lo inusual e ingeniosas de estas, sorprendiendo a sus adversarios dejándolos inermes ante los ataques, logrando ambas un éxito en lo operativo y en lo comunicacional.

Hasta ahora, aun cuando algunos ya habían visualizado la gran amenaza que estos pequeños drones modificados y de muy bajo costo representaban, nadie había imaginado sobre la posibilidad de emplearlos en operaciones a miles de kilómetros de distancia gracias a la proyección otorgada por un vector portador, lo que abre ahora nuevas posibilidades de empleo sobre objetivos a grandes distancias.

Algunos, han llegado a comparar la "Operación Telaraña" con el ataque japonés a la Flota del Pacífico estadounidense en diciembre de 1941, estacionada en Pearl Harbor, Hawái, basándose particularmente en el empleo de la sorpresa, sin embargo, se reconoce que, al contrario del ataque japonés, esta operación no marcará un punto de inflexión estratégico en la guerra. No obstante, el ataque es una señal para Rusia y para Occidente ya que demuestra, una vez más, de que es capaz Ucrania.

Por el alcance de la destrucción de medios, el impacto que esto tendrá en la capacidad de ataque estratégico y nuclear de Rusia, como también, a la distancia en que fueron alcanzados los blancos, no cabe duda que esta operación estratégica ejecutada en la profundidad del territorio ruso con drones de características tácticas, fue un éxito.

II.- La operación.

El Servicio de Inteligencia de Ucrania anunció el domingo 01 de junio que se habían llevado a cabo ataques contra aeródromos militares rusos en varias regiones, algunos de ellos ubicados a varios miles de kilómetros de lo que sería el frente de batalla, afectando en total a unas cuatro bases aéreas.

La operación utilizó drones previamente introducidos de contrabando en Rusia, en camiones especialmente acondicionados, cuyos techos se abrían mediante un mecanismo de control remoto para permitir el despliegue de los drones ubicados en su interior.

En un discurso pronunciado por el presidente Volodymyr Zelensky ese mismo día por la noche, señaló que la operación de Inteligencia se planificó durante más de un año y medio, utilizando 117 drones para ejecutar los ataques, e incluyó un número similar de operadores de drones en la operación de estas pequeñas aeronaves.

La operación se logró por mediante una mezcla elementos y variables que incluyen el empleo de tecnología de avanzada, ocultamiento, engaño, sorpresa e Inteligencia. Según el presidente Zelenski, un 34 % de los bombarderos estratégicos rusos con capacidad para transportar misiles crucero habrían sido alcanzados durante las acciones, lo que sería un duro golpe para las capacidades de ataque estratégico y nuclear de Rusia. De igual manera, el Servicio de Inteligencia de Ucrania estimó los daños en unos 7.000 millones de dólares, daño económico al cual se le debe agregar el hecho que estas pérdidas no pueden ser reemplazadas en el corto plazo.

De igual forma, fuentes ucranianas han señalado que se impactaron al menos 41 aeronaves, entre las que se incluyen bombarderos de largo alcance Tu-95 y Tu-22 , y al menos un avión de alerta temprana y control aerotransportado (AWACS) A-50. Según Andriy Kovalenko, representante del Consejo de Seguridad Nacional y Defensa de Ucrania, trece aeronaves habrían sido destruidas y otras resultaron dañadas, en tanto que el Ministerio de Defensa de Rusia confirmó que aeronaves en las regiones de Múrmansk e Irkutsk fueron incendiadas por ataques con drones.

La pérdida de los bombarderos Tu-95 y TU-22, que también pueden portar armas nucleares, representa una disminución significativa de capacidades de ataque estratégico, como ya se señaló, aun cuando, con la capacidad remanente de aeronaves, Rusia aún mantiene la capacidad de atacar blancos estratégicos en la profundidad de Ucrania. A juicio del experto militar ruso independiente Nikolai Mitrokhin, la industria aeronáutica rusa no puede reemplazar actualmente las aeronaves perdidas, y si bien los bombarderos operativos remanentes permiten continuar con las operaciones de bombardeo a Ucrania, afirma que es posible que, con cada ataque de este tipo, los que son cada vez más frecuentes, el número de estas aeronaves se reduzca aún más, existiendo el riesgo de que Rusia finalmente se quede sin este tipo de aeronaves.

La operación, aun cuando se realiza mediante drones, se enmarcaría dentro de la doctrina de empleo del Poder Aéreo, ya que se ataca bases aéreas, destruyendo aeronaves en tierra, con la finalidad de disminuir o neutralizar su capacidad de generar salidas de ataque.

III.- Detalle de las Bases Aéreas atacadas y de los medios destruidos o dañados.

Las Bases alcanzadas serían las Bases Aéreas ubicadas en Belaya, Olenegorsk, Ivanovo y en Diaguilevo.

La Base Aérea Belaya está ubicada en el distrito de Usolsky, en la región de Irkutsk, Siberia oriental, Rusia, a unos 85 km al noroeste de la ciudad de Irkutsk. Es una Base estratégica de la aviación de largo alcance rusa, situada a más de 4,000 km de Ucrania.



La Base Aérea Belaya



Base Aérea de Belaya después del ataque

La Base Aérea de Olenegorsk (también conocida como Olenya) se encuentra al sur de la península de Kola, a 8 km al este de la ciudad de Olenegorsk y a 92 km de Murmansk, en Rusia. Esta Base militar naval de reconocimiento tiene una pista de hormigón de 3500 metros y es una instalación clave para vuelos intercontinentales en la cuenca del Atlántico Norte.



Base Aérea de Olenegorsk



Base Aérea de Olenegorsk después del ataque

La Base Aérea de Diaguilevo está ubicada en la óblast de Riazán, a 11 km al oeste de la ciudad de Riazán, en Rusia. Es una Base importante para la Fuerza Aérea Rusa, especialmente para bombarderos estratégicos como los Tupolev Tu-22M y Tu-95MS. Ha servido como Base de entrenamiento para bombarderos pesados y alberga unidades como el 43.º Regimiento de Entrenamiento de Bombarderos Pesados y el 203.er Regimiento de Repostaje Aéreo. Cuenta con una pista de hormigón de 3,000 metros de longitud.



Base Aérea de Diaguilevo

La Base Aérea de Ivanovo se encuentra en la región de Ivanovo, al este de Moscú es una instalación militar rusa utilizada principalmente para operaciones de transporte militar y Base clave para la aviación estratégica rusa, albergando bombarderos como el Tu-95 y Tu-22.



Base Aérea de Ivanovo después del ataque

Ubicación de las Bases Aéreas y distancias desde Ucrania



FUENTE: Elaboración Propia

Aeronaves atacadas.

Los objetivos afectados son principalmente bombarderos Tu-22M3 y Tu-95MC, bombarderos estratégicos considerados piezas claves en la capacidad de ataque a largo alcance de la Fuerza Aérea Rusa, además de algunos aviones de alerta temprana Beriev A-50. Estos aviones, cuyo valor unitario ascendería a cientos de millones de dólares, representan una parte crítica de la capacidad de disuasión y proyección militar del Kremlin. Su destrucción no solo compromete la capacidad operativa inmediata de Moscú, sino que también constituye un golpe simbólico profundo: el hecho de que drones logren penetrar y alcanzar blancos en bases rusas remotas y altamente protegidas demuestra una vulnerabilidad que hasta ahora se consideraba improbable.

Túpolev Tu-95



Por su parte el Tu-95MC (codificación OTAN: Bear) es un bombardero estratégico y portamisiles propulsado por cuatro motores turbohélice, fabricado por Túpolev en la Unión Soviética. Realizó su primer vuelo en 1952, entró en servicio con la Fuerza Aérea Soviética en 1956 y se espera que sirva en la Fuerza Aérea Rusa por lo menos hasta el año 2040. Sigue siendo la aeronave más veloz propulsada por hélices que es producida en masa y el único bombardero estratégico de turbohélices en uso operacional en el mundo.

Características generales:

- Tripulación: 6-7 personas.
- Dimensiones: longitud de 46,2 m, envergadura de 50,1 m y altura de 12,1 m.
- Superficie alar: 310 m².
- Peso vacío: 90,000 kg; peso máximo al despegue: 188,000 kg.
- Motores: 4 turbohélices Kuznetsov NK-12M, cada uno con 11,032 kW (15,000 hp), con hélices contra-rotativas de 8 palas.
- Diseño con ala en flecha de 35° y fuselaje central robusto para gran capacidad de combustible y armas.
- Velocidad máxima operativa: 920-925 km/h.
- Alcance: 15,000 km.
- Techo de vuelo: 13,716 m.
- Régimen de ascenso: 10 m/s.

Armamento:

- Cañones: 1 o 2 cañones automáticos AM-23 de 23 mm en torreta de cola, controlados por radar.
- Capacidad para cargar hasta 15,000 kg en la bodega interna.
- Misiles aire-superficie: puede portar misiles estratégicos como Raduga Kh-20, Kh-22, Kh-26 y misiles de crucero Kh-55, Kh-101 y Kh-102, entre otros.

Túpolev Tu-22M3



El Tupolev Tu-22M (codificación OTAN: Backfire) es un bombardero estratégico y de ataque marítimo, supersónico, de largo alcance y con ala de geometría variable desarrollado por Túpolev en la Unión Soviética entre finales de los años 60 y principios de los 70. Su fabricación habría cesado en 1993 y al momento de la disolución de la URSS unos 370 aviones se encontraban en servicio.

Características generales:

- Tripulación de cuatro personas: piloto, copiloto, navegante y oficial de sistemas de armas.
- Longitud de 42,4 metros.
- Envergadura variable por alas de geometría variable: 34,28 metros con alas extendidas y 23,3 metros con alas plegadas.
- Altura de 11,1 metros.
- Peso máximo al despegue de hasta 124,000 kg.
- Motores: dos turbofán Kuznetsov NK-25, con un empuje de 245 kN cada uno.
- Velocidad máxima operativa cercana a Mach 2.0 (aproximadamente 2000 km/h).
- Radio de acción de 6800 km, o 2500 km con una carga típica de armas.
- Techo de vuelo de 13,300 metros.

Armamento:

- Cañón Gryazev-Shipunov GSh-23 de 23 mm en una torreta controlada a distancia en la cola.
- Capacidad para cargar hasta 24 toneladas de armas en la bodega interna y pilones externos.

- Bombas: desde FAB-250 hasta FAB-3000, en diversas combinaciones.
- Misiles: puede portar misiles antibuque Raduga Kh-22 (tres unidades), misiles de corto alcance Raduga Kh-15 (hasta diez unidades) y misiles antirradar Kh-31 (cuatro unidades).

No fue diseñado para armamento nuclear, aunque se probaron misiles Kh-31P estos no se habrían integrado oficialmente.

Beriev A-50



El avión Beriev A-50 (designación OTAN: Mainstay) es un avión de origen ruso de alerta temprana y control aerotransportado (AEW&C) construido por el fabricante Beriev, con base en el diseño del avión de transporte Ilyushin Il-76. Fue desarrollado para reemplazar al Tupolev Tu-126 Moss, volando por primera vez en 1978 y entrando en servicio en 1985.

Características principales:

- Función: Alerta temprana y control aerotransportado, con capacidad para detectar y rastrear objetivos aéreos y terrestres.
- Radar: Equipado con un radar Liana alojado en una cúpula giratoria de 9 metros de diámetro sobre el fuselaje, capaz de detectar hasta 150 objetivos simultáneamente en un radio de 230 km para objetivos aéreos y hasta 300 km para objetivos terrestres. Puede controlar hasta diez cazas para misiones de interceptación o ataque.
- Tripulación: 15 personas (2 pilotos y 13 operadores de misión).
- Dimensiones: Longitud aproximada de 46.6 a 49.6 metros, envergadura de 50.5 metros y altura de 14.7 metros.
- Peso: Peso máximo al despegue de hasta 190 toneladas métricas.
- Motores: Cuatro turbofán Soloviev D-30KP con un empuje de 117.68 kN cada uno.
- Rendimiento: Velocidad máxima cercana a 850-900 km/h, alcance operativo de 7,500 km y techo de servicio de hasta 15,500 metros.

- Autonomía: Puede volar unas 4 horas con combustible interno y tiene capacidad para repostar en vuelo con aviones cisterna Il-78.

IV.- Las implicancias y las posibles lecciones.

Es interesante notar qué, a pesar del impacto mediático y comunicacional que ha tenido, y aun considerando la disminución que provocará en la capacidad de ataque aéreo estratégico ruso, de ningún modo la “Operación Telaraña” constituirá un golpe decisivo contra el ejército ruso debido a la magnitud de éste y del potencial remanente que se estima posee Rusia para continuar con la guerra. La operación en sí misma se enmarca claramente en los postulados de empleo del Poder Aéreo ya que es un ataque, con pequeñas aeronaves, a Bases Aéreas con la finalidad de destruir la capacidad aérea del enemigo.

Por otra parte, la operación pone en evidencia la necesidad de que los ejércitos reconsideren sus inversiones en defensa. Para algunos analistas, el dinero gastado en sistemas de armas tripulados convencionales cada vez parece tan desperdiciado como el gasto en caballería en la década de 1930, afirmación que sin duda es excesiva, pero que en alguna medida debe ser considerada a la vista de lo que ha pasado en la guerra de Ucrania. La proliferación de drones baratos y modificables es una verdadera amenaza para las fuerzas y obliga a los militares a invertir masivamente en sistemas de defensa especializados que permitan neutralizarlos, ya que por sus características de tamaño son muy difíciles de derribar.

Es claro que el ataque, además de que podría aliviar los ataques rusos sobre Ucrania, también puede afectar la capacidad de ataque nuclear rusa, porque estas aeronaves además de tener la capacidad de lanzar misiles de crucero convencionales también están diseñados para lanzar armas nucleares, lo que podría generar una vulnerabilidad para Moscú.

Por la oportunidad en que se realizó la operación esta podría representar el tipo de táctica de alta presión necesaria para persuadir a Putin de negociar seriamente, justo cuando ambas partes estaban punto de sentarse a discutir un posible acuerdo de paz en Turquía.

La operación también revela que los ucranianos se niegan a ser derrotados, y que aún tienen los recursos para seguir luchando. También da cuenta del gran valor, tenacidad y habilidad de sus fuerzas, mostrando que han sido combatientes mucho más resilientes y adaptables de lo que cualquiera hubiera anticipado antes de la invasión rusa de hace más de tres años.

Desde el lado ruso, es evidente la falla que permitió el ingreso de contrabando de los drones que permitió el ataque, mostrando una vulnerabilidad que deja en muy mala posición a sus servicios de inteligencia ante la opinión pública propia e internacional.

El ocultamiento, la sorpresa y el engaño, aun tiempos de medios de alta tecnología son elementos esenciales en la ejecución de operaciones de guerra, manteniendo su vigencia y tal como se ha demostrado, pueden ser decisivos para lograr el éxito. De igual forma, este ataque demuestra una vez más que, en algunas oportunidades, armas eminentemente tácticas pueden ser empleadas para obtener efectos estratégicos.

Conclusión.

La llamada “Operación Telaraña” no cambiará decisivamente el curso de la guerra entre Rusia y Ucrania, pero si es una muestra de lo peligroso que puede ser un ataque realizado con drones suicidas, y es a la vez un llamado de advertencia para las fuerzas militares a considerar con responsabilidad esta nueva amenaza.

También, es un ejemplo de ingenio y audacia, y de lo que es posible lograr si estas cualidades se combinan con conocimiento, Inteligencia y tecnología, como también del hecho que Ucrania se niega a bajar los brazos puede aún seguir combatiendo.

El golpe a la capacidad de ataque aéreo estratégico y nuclear ruso no debe ser minimizado, ya que el reemplazo de los medios aéreos destruidos no será inmediato y requerirá que Rusia busque opciones de reemplazo, lo que puede significar tiempo y dinero, variables que suelen ser escasas en tiempos de crisis. Según diferentes fuentes, las aeronaves destruidas representarían entre el 20% al 34% de la flota operativa de largo alcance ruso. Además, el ataque podría obligar a dispersar la flota remanente en múltiples bases lo que podría reducir la capacidad para llevar a efectos ataques a gran escala sobre Ucrania.

La operación además abre nuevas posibilidades de empleo de los drones suicidas, los que podrían en el futuro ser proyectados hacia blancos muy distantes mediante algún tipo de vehículo portador.

Por último, la acción del 01 de junio representa un duro golpe a los servicios de inteligencia rusos, más aún si se considera que las bases aéreas rusas de Diaguilevo e Ivanovo, ambas ubicadas al este de Moscú en la región central de Rusia, ya habían sido blanco de ataques previos con drones por parte de Ucrania, aunque nunca con la magnitud del ataque simultáneo y coordinado de la "Operación Telaraña".

Fuente: Diferentes publicaciones de Internet.

Artículo N° 14 / 2025

MODERNIZACIÓN DEL PODER AÉREO LATINOAMERICANO: SISTEMAS NO TRIPULADOS, *NEARSHORING*, Y CAPITAL DE RIESGO PARA LA DEFENSA



*Dr. Carlos Alberto Barrera Franco,
Instituto Mexicano de Estudios Estratégicos en Seguridad y Defensa Nacionales
(IMEESDN) e Investigador Asociado del CEEA*

16 de junio de 2025. 16 Min. de lectura.

Introducción

El presente análisis examina la evolución del poder aéreo en América Latina, desde las figuras pioneras del siglo XIX que impulsaron la aviación como herramienta de desarrollo nacional y soberanía, su consolidación estratégica durante la Segunda Guerra Mundial y la Guerra Fría, hasta los desafíos multidominio del entorno operativo contemporáneo. Este recorrido histórico no solo evidencia las transiciones doctrinales y tecnológicas de las fuerzas aéreas regionales, sino que también subraya las tensiones persistentes entre la dependencia tecnológica externa, las limitaciones presupuestarias y la imperiosa necesidad de desarrollar capacidades autónomas.

En este contexto, el análisis se articula con dos fenómenos emergentes de significativa relevancia para la competitividad estratégica hemisférica: el *nearshoring* —entendido como una oportunidad para reconfigurar las cadenas de valor globales en beneficio de América Latina, aprovechando su proximidad geográfica y sus acuerdos comerciales con Estados Unidos— y el capital de riesgo (*venture capital*) aplicado al sector defensa, que está redefiniendo los paradigmas de desarrollo y escalamiento de capacidades militares en entornos de innovación acelerada.

A partir de fuentes históricas, doctrinales y de mercado, se argumenta que la modernización de los sistemas y vehículos, tanto tripulados como no tripulados (UAV/UAS), no constituye una opción, sino un imperativo estratégico. La renovación de plataformas, la integración de sensores avanzados y el desarrollo de doctrinas adaptadas permitirán a la región preservar su autonomía operativa, evitar la obsolescencia crítica de sus flotas y posicionarse favorablemente para atraer inversiones industriales en un momento en que los actores globales buscan proveedores confiables y resilientes. Únicamente mediante esta renovación integral —tecnológica, doctrinal e industrial— América Latina podrá superar su rezago histórico en el ámbito aeroespacial y asumir un rol más protagónico en la seguridad regional y en el ecosistema global de innovación en defensa.

I. Antecedentes Históricos del Poder Aéreo Latinoamericano

Desde el siglo XIX, América Latina ha contado con figuras pioneras que visualizaron la aviación como un instrumento fundamental para el desarrollo y la defensa regional (Gaitán, 2016).¹⁹ No obstante, fue durante la Segunda Guerra Mundial cuando el poder aéreo consolidó su rol estratégico. Según Witek (2002), en este periodo, Washington suministró más de 2,000 aeronaves a países de la región mediante el programa Lend-Lease, fortaleciendo así la capacidad defensiva hemisférica. Por ejemplo, Brasil recibió un número significativo de aviones de patrulla y entrenamiento bajo el programa *Lend-Lease*, lo que le permitió jugar un rol crucial en las patrullas antisubmarinas en el Atlántico Sur. De la misma manera, algunas naciones latinoamericanas participaron activamente en operaciones antisubmarinas en el Atlántico Sur, patrullaje costero y, en algunos casos, contribuyeron en el teatro de operaciones del Pacífico. Adicionalmente, brindaron apoyo mediante la protección de recursos estratégicos, la concesión de derechos de sobrevuelo y el intercambio de inteligencia contra las potencias del Eje.

Tras la conflagración mundial, la región adquirió una renovada relevancia en la estrategia global de Estados Unidos orientada a contener la expansión del comunismo. Múltiples insurgencias, originadas en profundos descontentos sociales, emergieron en diversos países. Si bien Estados Unidos proporcionó asistencia militar y capacitación, las restricciones impuestas por el Congreso limitaron el despliegue directo de tropas. Durante la Guerra Fría, América Latina recibió asistencia militar a través de programas como el *Mutual Defense Assistance Act* y el *Military Assistance Program* (MAP), impulsándose la instalación de bases aéreas y navales en puntos estratégicos.

En este sentido, Corum y Johnson (2003) analizan las severas dificultades operativas, tácticas y políticas enfrentadas durante las guerras civiles y operaciones de contrainsurgencia en El Salvador, Guatemala y Colombia. Detallan cómo la estrategia estadounidense, que combinaba ayuda militar con la promoción de derechos humanos bajo un esquema de "zanahoria y garrote", obtuvo resultados dispares: graduales en El Salvador, que aceptó el modelo; costosos en Guatemala, que rechazó la asistencia condicionada optando por una estrategia militar agresiva; y complejos en Colombia, debido a la ausencia de una estrategia nacional coherente frente a la insurgencia. Estos autores resaltan el rol crucial de la asistencia aérea y el desarrollo de capacidades análogas por parte de Estados Unidos en la región, extrayendo lecciones valiosas de estos conflictos.

Según el mismo Witek (2002), la crisis del Canal de Panamá evidenció la reticencia de numerosos países latinoamericanos a aceptar una integración militar hemisférica al estilo de la OTAN. Concluida la Guerra Fría, la cooperación militar se reorientó hacia nuevos desafíos, destacando el combate al narcotráfico.

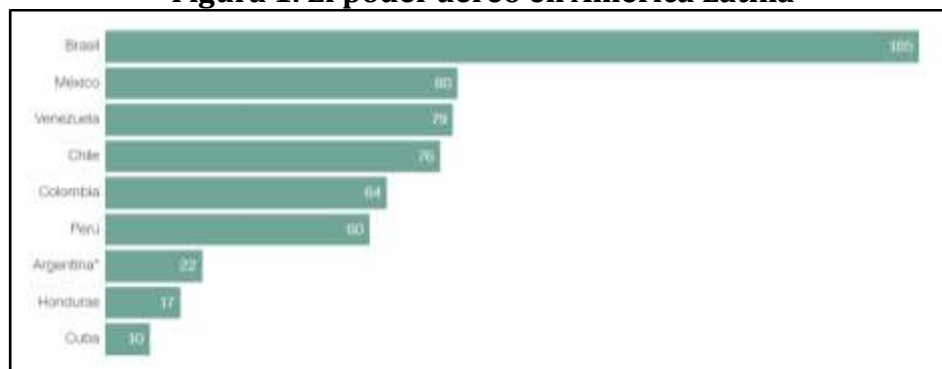
¹⁹ En América Latina destacaron varios pioneros de la aviación: Rubén Oscar Moro (Argentina, 1916–2003), quien contribuyó a integrar el poder aéreo en la defensa latinoamericana; otros grandes pensadores incluyen Jorge Alejandro Newbery (Argentina, 1875–1914); Alberto Santos Dumont (Brasil, 1873–1932); Cosme Renella Barbato (Ecuador, 1896–1936); Alfredo Kindelán y Duany (España, 1879–1962); Juan Guillermo Villasana (México, 1891–1956); Marcos A. Gelabert (Panamá, 1896–1955); Frank Andrés Félix Miranda (República Dominicana, 1954–presente); Cesáreo L. Berisso (Uruguay, 1887–1971).

Estados Unidos y varias naciones de la región desarrollaron operaciones conjuntas apoyadas en capacidades aéreas de inteligencia, vigilancia y transporte, consolidadas en iniciativas como la Joint Interagency Task Force East (JIATF East). Aunque se profundizó la colaboración antidrogas, las sensibilidades respecto a la presencia militar extranjera y la protección de la soberanía continuaron delimitando el alcance de la cooperación regional, impidiendo la creación de una arquitectura de defensa colectiva plenamente integrada.

Este esfuerzo por fortalecer la interdicción aérea quedó documentado en *La guerra contra las drogas en América Latina: Enfoques regionales de interdicción aérea* (FAC, 2021), que ofrece un panorama detallado de las iniciativas adoptadas. La obra analiza cómo Colombia y Perú lideraron durante los años noventa con acuerdos con Estados Unidos para operaciones de interdicción, aunque estos se vieron afectados tras incidentes críticos como el ocurrido en Perú. Posteriormente, el programa *Air Bridge Denial* (ABD), relanzado tras el incidente de 2001, posicionó a Colombia como referente regional, facilitando colaboraciones con países vecinos. El estudio también revisa el marco normativo comparado entre Bolivia, Colombia, Perú y México, evidenciando enfoques dispares: desde legislaciones específicas para el derribo de aeronaves en Perú y Bolivia, hasta protocolos internos en Colombia y criterios restrictivos en México. Adicionalmente, se analiza el caso mexicano, donde la carencia histórica de radares y capacidades disuasorias limitó su eficacia, aunque la cooperación con Colombia permitió avances.

En esta misma línea, Ellis (2024) propone que la cooperación regional, la optimización de recursos y el fortalecimiento institucional son esenciales para enfrentar los desafíos de seguridad en Centroamérica y el Caribe. Destaca la naturaleza transnacional de las amenazas —crimen organizado, flujos ilícitos de drogas, minería ilegal, amenazas cibernéticas y migración irregular— y subraya la necesidad de reforzar los esfuerzos bilaterales y multilaterales entre las fuerzas aéreas de la subregión. Menciona también el apoyo de Estados Unidos a sus socios con equipos como helicópteros Bell 412 para Guatemala, aviones Cessna 208 para Belice y El Salvador, y helicópteros Huey UH-1H para Panamá. Otras adquisiciones incluyen helicópteros Eurocopter H125 (Honduras) y aviones de transporte Dornier 228 (Guyana), reflejando una persistente necesidad de mayores capacidades en la región.

Figura 1. El poder aéreo en América Latina



Tomado de: Padinger, G. (2025, February 25). Argentina presentó el primero de los F-16 comprados a Dinamarca. ¿Cómo se compara el poder aéreo en América Latina? CNN En Español. <https://cnnespanol.cnn.com/2025/02/25/latinoamerica/poder-aereo-america-latina-argentina-f16-orix>

Figura 2. Las flotas de aviones de combate en Latinoamérica



InfoDefensa. (2021, May 30). Infografía Las flotas de aviones de combate en Latinoamérica. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/2949376/infografia-flotas-aviones-combate-latinoamerica>

II. Retos Actuales del Poder Aéreo en la Región

El análisis de las políticas públicas de seguridad y defensa en Sudamérica evidencia una carencia de enfoque estratégico consistente, atribuible en parte a la variabilidad de los intereses gubernamentales. Aunque la superioridad aérea es crucial para la disuasión y el manejo de amenazas, no se le ha otorgado la priorización adecuada. Brasil, Chile, Venezuela y Colombia han mejorado sus capacidades militares con un énfasis implícito en la superioridad aérea, si bien este concepto no se menciona explícitamente en sus políticas formales (González-Cuenca & Molina-Orjuela, 2020).

En este sentido, México enfrenta un desafío similar: aunque ha avanzado en la integración conjunta de SEMAR y SEDENA, en la modernización de plataformas y en la adopción de nuevas tecnologías, sus políticas de defensa aún carecen de una definición clara y coherente sobre la función estratégica del poder aéreo en la defensa nacional y regional (Rangel Granados, 2018).

Para abordar esta brecha, organizaciones internacionales como la OEA han evolucionado hacia una visión multidimensional de la seguridad que integra las capacidades del poder aéreo en su doctrina, permitiendo una respuesta más efectiva a las amenazas contemporáneas (Barrero Barrero, et. al, 2018).

Actualmente, las fuerzas aéreas de América Latina enfrentan desafíos complejos que incluyen la adaptación a cambios sociales, la integración de tecnologías disruptivas como la inteligencia artificial (IA) y los drones, el fortalecimiento del control del espacio aéreo y ultra-terrestre, la operación en escenarios multidominio, la superación de restricciones económicas crónicas, la asunción de roles humanitarios y la respuesta a los efectos del cambio climático. La modernización estratégica es, por tanto, esencial para mantener su relevancia y eficacia en este nuevo entorno operativo (CEEAA, 2024).

Documenta Robles (2022) que, entre 2020 y 2022, las conferencias de la Asociación de Colegios de Defensa Iberoamericanos (ACDIA) priorizaron temas como ciberseguridad, educación virtual militar, inteligencia artificial, migraciones y nuevas amenazas asimétricas. Por su parte, las Conferencias de Ministros de Defensa de las Américas (CMDA) destacaron la asistencia humanitaria, la perspectiva de género, la protección ambiental, la ciberdefensa y la resiliencia climática como nuevas prioridades estratégicas. Se observa también una divergencia en cuanto al empleo de las Fuerzas Armadas en seguridad interna, con países que utilizan militares en tareas policiales frente a otros que mantienen una estricta separación de roles, si bien las políticas y prácticas pueden variar con los cambios de gobierno y las circunstancias.

Mientras las potencias avanzan hacia aeronaves de próxima generación integradas con inteligencia artificial y capacidades multidominio, América Latina enfrenta serias limitaciones: flotas obsoletas, escasa capacidad de reabastecimiento en vuelo, defensas aéreas débiles y una infraestructura ISR (Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento) y de guerra electrónica reducida. Únicamente Brasil, Chile y, en menor medida, México, mantienen capacidades parciales en estos rubros, mientras que el resto de la región carece de medios para sostener operaciones prolongadas o participar activamente en coaliciones internacionales. Este rezago compromete tanto la seguridad regional como su relevancia estratégica, forzando a muchas fuerzas aéreas a centrarse en tareas asimétricas, como el combate al crimen organizado. Sin una visión sistémica que integre sensores, armamento, defensa aérea, procesamiento de datos y entrenamiento adaptado, el poder aéreo latinoamericano continuará perdiendo peso operativo y político (Rivas, 2024).

Por consiguiente, según Sánchez (2024), las prioridades militares están experimentando cambios notables. Las fuerzas armadas de la región enfocan cada vez más sus recursos en plataformas multi-rol, como helicópteros y aviones de transporte, en respuesta a la estabilidad interestatal relativa, las amenazas internas y las limitaciones presupuestarias. Solo Brasil ha invertido recientemente en nuevos cazas (Saab F-39 Gripen), mientras que países como Argentina, Colombia y Perú mantienen flotas de combate envejecidas. Los helicópteros y los drones (UAVs) han ganado un protagonismo creciente por su versatilidad en operaciones de combate, seguridad interna, monitoreo ambiental y respuesta a desastres. Brasil, Chile y Perú destacan en el uso de UAVs para ISR, y países como Colombia han impulsado la producción local con proyectos como los UAVs Coelum y Quimbaya para reducir la dependencia externa.

Sánchez (2024) prevé que para 2034, las flotas aéreas sudamericanas estarán dominadas por helicópteros, aviones de transporte modernos y drones, mientras el rol de los cazas de combate se reducirá progresivamente.

Capanegra (2022) ofrece un análisis similar para el contexto sudamericano, describiendo la adopción y desarrollo diverso de tecnologías de aeronaves no tripuladas (ANT) tanto para la seguridad interior como para la defensa nacional. Identifica a Brasil, Colombia, Chile y Ecuador como países que han integrado significativamente estas tecnologías, adaptándolas a sus necesidades específicas, y aporta comparativas entre distintos sistemas y sus capacidades.

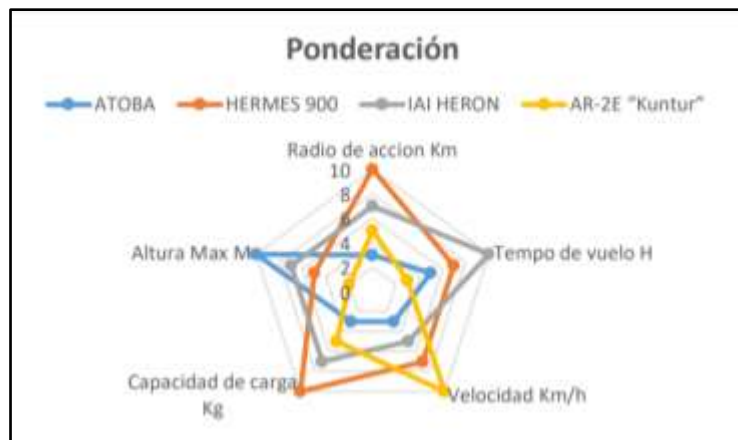
Tabla 1. Comparación de países y operaciones según los ANT que disponen

Operación de combate	Fuerzas Armadas de países				
	Brasil	Chile	Colombia	Ecuador	Argentina
Operaciones contra aéreas					
Operaciones contra superficie					
Operaciones estratégicas	x	x	x		
Operaciones ISTAR (Inteligencia)					
IMINT(imágenes)	x	x	x	x	x
SIGINT(señales)	x	x	x		
COMINT (comunicaciones)	x	x	x		
ELINT(electrónicas)	x	x	x		
SR (vigilancia y reconocimiento)	x	x	x	x	x
TA(adquisición de objetivos)			x		

Nota: Este cuadro muestra las operaciones aéreas en las cuales están en capacidad de emplear vehículo aéreo no tripulado.

Capanegra, I. (2022). Empleo de aeronaves no tripuladas en el nivel táctico del conflicto para apoyo de fuego aéreo cercano [TIF, Universidad de la Defensa Nacional].

Figura 3. Análisis radial con características principales ponderadas



Capanegra, I. (2022). Empleo de aeronaves no tripuladas en el nivel táctico del conflicto para apoyo de fuego aéreo cercano [TIF, Universidad de la Defensa Nacional].

III. Nearshoring y Capital de Riesgo en la Defensa Nacional

El panorama geopolítico hemisférico experimenta una reconfiguración acelerada, caracterizada por tensiones entre grandes potencias, vulnerabilidad en las cadenas de suministro y avances tecnológicos que difuminan la frontera entre los ámbitos civil y militar. En este escenario, Latinoamérica —ubicada en la esfera de influencia inmediata de Estados Unidos, pero crecientemente relevante para China— debe definir estrategias para capitalizar su posición geográfica y su talento humano, fortaleciendo tanto su seguridad como su base industrial.

En primer lugar, el viraje del liderazgo estadounidense hacia un enfoque más transaccional introduce un grado sustancial de incertidumbre. Conceptos como la disuasión integrada y la defensa colectiva (Barrera & Carranza, 2023) se replantean bajo presiones presupuestarias —por ejemplo, la posible reconversión de subvenciones de USAID en préstamos (Runde et al., 2024; Brown, 2024; Meyer, 2025)— y exigencias políticas para contener el crimen transnacional, la migración irregular y la influencia de las inversiones chinas.

Ante la menguante certidumbre de garantías externas, los Estados se ven compelidos a generar capacidades propias. En este ámbito destacan los drones, que democratizan tecnologías antes reservadas a potencias. Este fenómeno se enmarca en un contexto donde se debate la reorientación de fondos de defensa hacia la innovación, como lo ejemplifican las startups del sector que han tenido un papel relevante en conflictos como el de Ucrania, junto con la IA, la robótica y la ciberseguridad (U.S. Department of Defense, 2025; Hornstain, 2025).

Sobre esta lógica de autosuficiencia se erige el *nearshoring*, una prioridad creciente de la política comercial estadounidense. Al trasladar segmentos manufactureros desde Asia a ubicaciones más cercanas, Washington busca mitigar riesgos logísticos y geopolíticos. Latinoamérica se beneficia doblemente: por su proximidad y por la existencia de tratados de libre comercio consolidados. Además, la rivalidad con China, que continúa promoviendo proyectos de infraestructura y tecnología, añade un incentivo estratégico para robustecer cadenas de valor regionales, especialmente en sectores de doble uso como los UAV, los sensores avanzados o los módulos de IA.

Aunque la inversión extranjera directa (IED) en América Latina alcanzó en 2022 su mayor nivel en casi una década (224 mil millones de dólares), persisten obstáculos significativos para consolidar el nearshoring, tales como la infraestructura deficiente, la inseguridad en el transporte y la inestabilidad política. No obstante, países como México, Chile, Colombia y Brasil registran avances importantes, especialmente en conectividad digital, transporte ferroviario y en proyectos logísticos estratégicos como el Corredor Bioceánico. A pesar de su limitada participación en el comercio marítimo y aéreo global, las recientes inversiones en puertos y terminales reflejan un renovado interés en la región como plataforma exportadora (Economopoulos, 2024).

Por otra parte, el capital de riesgo aplicado a defensa (defense venture capital) ha emergido como un componente esencial para conectar innovación y necesidades estratégicas. A diferencia de las tradicionales adquisiciones estatales, este modelo permite financiar startups y empresas no tradicionales que desarrollan tecnologías disruptivas con aplicaciones tanto militares como comerciales.

Su valor radica en acelerar la transición de conceptos a prototipos y de estos a producciones escalables, superando a menudo las limitaciones burocráticas y presupuestarias que aquejan a los programas gubernamentales. En el contexto estadounidense, por ejemplo, la inversión en defensa vía venture capital se ha multiplicado por 18 en la última década, impulsando soluciones en drones, inteligencia artificial y sistemas autónomos (Sion, Wenzel & Pellicore, 2024). Esta sinergia entre la relocalización estratégica de cadenas de valor y la disponibilidad de capital de riesgo ágil es fundamental. El nearshoring puede generar la demanda y el ecosistema para que startups de defensa, financiadas mediante venture capital, desarrollen y escalen soluciones tecnológicas adaptadas a las necesidades regionales y con potencial de inserción en cadenas globales.

La materialización de este ecosistema en la región quedó patente con la visita de la Defense Innovation Unit (DIU) de Estados Unidos a Santiago en agosto de 2024 (USSOUTHCOM, 2024). La elección de Chile no fue fortuita: el país es un líder regional en la promoción del venture capital de defensa, si bien a una escala menor que Canadá y, naturalmente, Estados Unidos. Iniciativas como el Centro de Investigación Tecnológica de la Armada (CiTA) (Mackay Imboden, 2020) y el posterior Instituto Tecnológico Público de Innovación en Defensa²⁰ (Cifuentes et al., 2024) confirman que la apertura a la colaboración, según la propia Office of Naval Research (ONR),²¹ puede traducirse en avances significativos.

Figura 4. Interrelación entre la institución, el ecosistema de I+D+I y la Industria



Mackay Imboden, F. J. (2020). Centro de investigación tecnológica de la Armada. Revista de Marina. Vol. 137, Núm. 976.

Finalmente, la experiencia de la DIU subraya que la articulación entre inversores privados y programas gubernamentales es el catalizador indispensable para sostener la innovación militar.

²⁰ Para mas informacion sobre el proyecto visitar: KnowHub. (s. f.). Diseño de un instituto tecnológico público de innovación en defensa. <https://knowhub.cl/itpdefensa/>

²¹ Entrevistas propias con personal de la ONR.

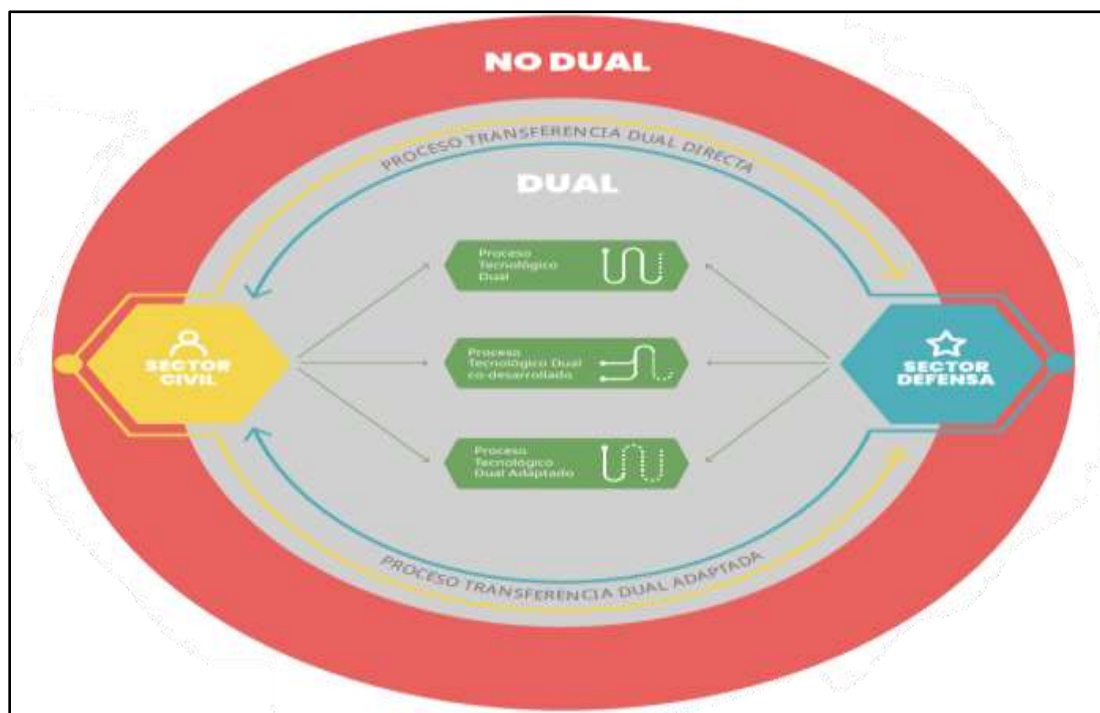
Los fondos de capital de riesgo pueden aliviar las restricciones de las carteras de defensa, acelerar los ciclos de prototipado y prueba, y facilitar la producción de UAV. Sin embargo, atraer dicho capital exige un marco legal estable, incentivos tributarios y transparencia en las adquisiciones públicas. Solo mediante la consolidación de la “triple hélice” —industria, gobierno y academia— el nearshoring mantendrá su impulso y la región contará con la masa crítica necesaria para absorber, escalar y exportar tecnología de vanguardia. Para que este modelo prospere en América Latina en el ámbito de la defensa, se requiere una gobernanza que fomente la confianza, alinee los incentivos, facilite la transferencia de conocimiento y tecnología, y establezca marcos regulatorios y de adquisición que promuevan la innovación y la participación de actores no tradicionales.

En términos generales, América del Sur debe resolver varias cuestiones críticas para aprovechar plenamente el nearshoring (U.S. Chamber of Commerce, 2023). México, por su parte, ofrece ventajas como la cercanía con EE.UU. y una fuerza laboral calificada, pero persisten preocupaciones sobre seguridad y estabilidad del mercado entre líderes empresariales. Sudamérica enfrenta barreras importantes como desafíos logísticos, problemas de seguridad y preocupaciones sobre el estado de derecho, aunque la disponibilidad de mano de obra es vista positivamente. Centroamérica y el Caribe enfrentan problemas similares relacionados con logística, seguridad, estabilidad del mercado y el estado de derecho. Resolver estos desafíos es clave para atraer inversiones en manufactura.

En este sentido, diversos autores señalan que América Latina tiene una oportunidad única para aprovechar el nearshoring y las alianzas con SouthCom para modernizar su tecnología de defensa, cadenas de suministro e infraestructura digital. Aunque la proximidad con EE.UU., una fuerza laboral creciente y las innovaciones impulsadas por IA posicionan a la región para crecer, las deficiencias logísticas, los marcos regulatorios débiles y los problemas de seguridad siguen siendo obstáculos clave.

Según Aguilar Antonio (2025), las colaboraciones de SouthCom con países de la región en ciberseguridad, IA y defensa pueden fortalecer las capacidades regionales, pero la inestabilidad política y la competencia de las inversiones tecnológicas chinas dificultan la alineación estratégica. Para cerrar la brecha tecnológica, América Latina debe priorizar las mejoras en infraestructura, la educación en STEM y reformas regulatorias, al tiempo que fortalece las alianzas público-privadas. Con las políticas adecuadas, la región podría convertirse en un centro global para el nearshoring de alta tecnología y la innovación en defensa.

Figura 5. Innovación dual en Chile: Modelo para contribuir al desarrollo nacional



Cifuentes, H., Lema, F., Rojas, F., Trebotich, J., Padilla, M., & Parvex, T. (2024, marzo). *Innovación dual en Chile: Un primer modelo para contribuir al desarrollo nacional*. CiTA y Know Hub Chile.

IV. El Mercado de los Drones en Particular

Según datos de Vasconez, (2024), el mercado de drones en América Latina está experimentando una rápida expansión en sectores clave. La geomática lidera en Brasil, México y Chile, impulsando la demanda de cartografía de alta precisión y análisis avanzados. Las inspecciones de infraestructuras en energía y telecomunicaciones representan el 35% del mercado comercial, con un crecimiento destacado en México, Brasil y Chile. El ámbito de la seguridad y defensa, estimulado por el aumento de amenazas regionales, ha registrado un incremento del 54% en el gasto durante los últimos nueve años.

Se proyecta que las tecnologías UAV y contra-UAV crezcan a un ritmo anual del 28%, especialmente en México, Colombia y Brasil. Por otro lado, la logística con drones constituye otro sector de gran dinamismo, valorado en 1,166 millones de dólares en 2024 y con expectativas de crecimiento a una tasa compuesta anual (CAGR) del 14.15%, liderado por Brasil, Ecuador y México. Se prevé que la expansión del mercado alcance cerca de 12,500 millones de dólares hacia 2029, con un crecimiento significativo en geomática, seguridad y transporte de carga mediante drones.

Al igual que Canadá —integrante de NORAD y la OTAN—, Chile está bien posicionado para explotar este mercado. Aunque Canadá se beneficia enormemente de su interconexión con EE.UU., particularmente en la industria militar, sus altos niveles de gasto social imponen restricciones presupuestarias. Ambos países cuentan con aceleradores y replicadores de innovación en defensa, pero carecen de una capacidad presupuestaria y una base demográfica comparable a grandes potencias para explotar a gran escala una base industrial (Canadá aprox. 40 millones de habitantes; Chile aprox. 20 millones). Por otra parte, tanto Canadá como Chile tienen relaciones significativas con China y lazos diplomáticos con el Reino Unido; sin embargo, Chile ha mantenido una mayor flexibilidad diplomática, incluyendo compromisos estratégicos con Australia, algo que Canadá no ha logrado capitalizar completamente.

Ambos países también se benefician de poblaciones con altos niveles de educación. En cuanto al nearshoring, ambos son candidatos atractivos, aunque los costos de manufactura podrían favorecer más a Chile en comparación con algunos de sus pares regionales. España ofrece un caso de estudio relevante: es un importante fabricante y, a medida que la UE y la OTAN aumentan su gasto en defensa, España se está adaptando rápidamente para atender este sector.

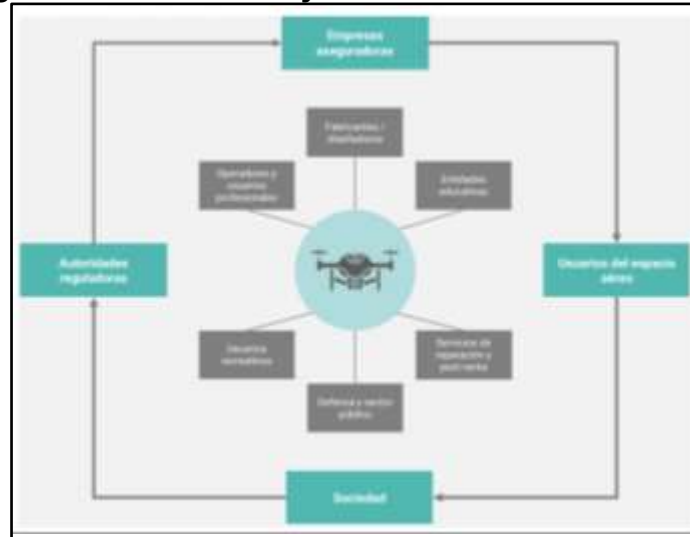
Brasil, por ejemplo, bajo el programa Novo PAC, ha señalado inversiones gubernamentales en capacidades de defensa, aunque bajo un marco tradicional, sin aprovechar plenamente su sector privado o el capital de riesgo de entidades no gubernamentales. Aunque el país sigue siendo una fuente importante de equipamiento militar, parece no haber internalizado completamente el nuevo modelo basado en la innovación ágil y el capital privado.

De forma similar, México mantiene gran parte de su adquisición de defensa a través de empresas directamente bajo sus secretarías de Defensa y Marina, apoyándose en PyMEs o en contratistas para tareas complementarias. Al igual que Brasil, sus responsabilidades en infraestructura pública pueden dificultar el desarrollo, adquisición, despliegue, sostenimiento y eventual exportación de equipos de doble uso. Si bien Canadá y México tienen oportunidades significativas bajo el tratado T-MEC, las estructuras arancelarias y la complejidad del ecosistema de adquisiciones en defensa presentan obstáculos.

Según Tamara Nairí Guler (2022), en Argentina —y potencialmente en otros países latinoamericanos con estructuras industriales similares— una de las principales oportunidades en el desarrollo de drones radica en la integración de software nacional y soluciones basadas en inteligencia artificial. A pesar del dominio chino en componentes de hardware, Argentina podría enfocarse en el diseño de sistemas de control, automatización y análisis de datos, con miras a un liderazgo regional. La expansión de redes 5G también mejora las perspectivas para sectores como logística, seguridad e infraestructura. En el ámbito de defensa, se abre un espacio estratégico: aunque las empresas del sector son en su mayoría pequeñas o medianas, la inversión en capacidades militares puede fortalecer la autonomía tecnológica y generar beneficios para aplicaciones civiles.

Según la misma autora, los acuerdos de compensación (offsets) en adquisiciones futuras podrían robustecer la industria local. No obstante, persisten desafíos: dependencia externa, baja escala de producción y marcos regulatorios imprecisos. Sin embargo, si se priorizan inversiones en IA, automatización y defensa, y se fomentan alianzas público-privadas y políticas industriales activas, Argentina podría cerrar brechas críticas y consolidarse como un actor regional clave en tecnologías aplicadas a drones.

Figura 6. Actores influyentes en el sector de drones



Guler, T. N. (2022). *La industria de los drones en Argentina: Oportunidades para su desarrollo (Documento N° 3)*. Ministerio de Agricultura de Argentina.

V. Recomendaciones Estratégicas para la Modernización Aeroespacial y de Defensa en América Latina

Para que América Latina logre una modernización sustantiva de su poder aéreo y fortalezca su base industrial de defensa, es imperativo adoptar un enfoque multifacético y colaborativo. En primer lugar, se torna crucial el establecimiento de fondos binacionales y multinacionales de carácter público-privado.

Estos instrumentos financieros deberían compartir el riesgo con el capital de riesgo extranjero, focalizando inversiones en áreas críticas como los sistemas de aeronaves no tripuladas (UAVs), la inteligencia artificial embarcada y las capacidades de guerra electrónica ligera. Dicha inversión debe estar condicionada a la transferencia efectiva de tecnología y capacidades, así como a la integración de empresas regionales en las cadenas de valor globales.

Paralelamente, la agilidad en la adquisición de tecnología es fundamental. Por ello, se recomienda la adopción de mecanismos contractuales flexibles, inspirados en modelos como las *Other Transaction Authorities* (OTA) de Estados Unidos. Estos permitirían reducir los ciclos de adquisición de tecnologías emergentes, idealmente a periodos inferiores a doce meses, facilitando así la incorporación de *startups* e innovación ágil al ecosistema de defensa.

Indisociable de la modernización tecnológica es la ciberseguridad; por tanto, es esencial incorporar requisitos obligatorios de ciberseguridad robusta y por diseño (*cybersecurity-by-design*) en todos los proyectos de adquisición e innovación, garantizando la integridad de sistemas UAV, ISR, IA y las comunicaciones críticas.

El desarrollo de un ecosistema industrial innovador requiere la promoción de parques tecnológicos y clusters de innovación dual (civil-militar). Estos deberían ubicarse en zonas estratégicas y ofrecer incentivos fiscales condicionados a la transferencia tecnológica, el desarrollo de contenido local significativo y acuerdos de compra preferencial por parte de las fuerzas armadas. Para optimizar recursos y alcanzar economías de escala, es vital impulsar la producción compartida y la creación de consorcios regionales para el desarrollo y fabricación de sistemas estratégicos, tales como UAVs de mediana y gran altitud y largo alcance (MALE/HALE), sensores ISR avanzados y sistemas antidron (C-UAS). Esta cooperación fortalecería la autosuficiencia regional y reduciría la dependencia externa.

La resiliencia de la cadena de suministro es otro pilar. Se propone el establecimiento de reservas estratégicas regionales y acuerdos de adquisición anticipada para componentes críticos como semiconductores, tierras raras, baterías de alta densidad energética y sistemas electrónicos especializados para defensa. Complementariamente, la armonización de normativas y estándares técnicos regionales facilitaría la comercialización externa de productos desarrollados en esquemas colaborativos, mejorando la posición exportadora de América Latina en el mercado global de defensa.

Para asegurar un ecosistema industrial diversificado y especializado, es necesario crear políticas que garanticen la participación efectiva de pequeñas y medianas empresas (PyMEs) tecnológicas innovadoras, en colaboración sinérgica con grandes contratistas principales (primes), en todas las fases de los proyectos: desde la investigación y desarrollo (I+D+i) hasta el prototipado y la producción. El capital humano es el activo más valioso; por ello, se deben desarrollar iniciativas de intercambio académico y profesional, así como programas conjuntos de formación de alto nivel, con el fin de retener el talento, evitar la fuga de cerebros y construir una masa crítica regional de expertos en tecnología, defensa e innovación.

Finalmente, toda esta transformación requiere un sólido respaldo social y político. Es menester desarrollar campañas de comunicación estratégica y establecer espacios de diálogo multisectorial permanentes para articular y difundir la importancia de la innovación en defensa, resaltando su contribución directa al desarrollo económico, la soberanía tecnológica y la seguridad integral de la región.

Conclusión: Hacia un Poder Aéreo Latinoamericano Relevante y Autónomo en el Siglo XXI

El análisis presentado ha trazado la compleja trayectoria del poder aéreo en América Latina, desde sus albores hasta los desafíos contemporáneos, evidenciando una tensión constante entre la aspiración de autonomía y las realidades impuestas por la dependencia tecnológica y las limitaciones presupuestarias. La modernización de las fuerzas aéreas de la región, con un énfasis particular en la integración de sistemas no tripulados, ya no es una mera opción, sino un imperativo estratégico ineludible para preservar la soberanía, responder a las amenazas multidominio y evitar la obsolescencia crítica.

En este contexto, fenómenos como el nearshoring y la emergencia del capital de riesgo aplicado a la defensa ofrecen oportunidades sin precedentes. El nearshoring presenta la posibilidad de reconfigurar cadenas de valor, atraer inversión y desarrollar una base industrial tecnológica regional más robusta, especialmente en sectores de doble uso. Simultáneamente, el venture capital puede catalizar la innovación, acelerando el desarrollo y la adopción de tecnologías disruptivas que las estructuras tradicionales de adquisición estatal a menudo no logran incorporar con la celeridad requerida.

No obstante, capitalizar estas oportunidades exige una visión estratégica clara, voluntad política sostenida y una acción coordinada entre gobiernos, industria y academia. La superación del rezago histórico en el ámbito aeroespacial latinoamericano pasa por la renovación integral de plataformas y doctrinas, pero fundamentalmente por la creación de un ecosistema de innovación resiliente y adaptado a las particularidades regionales. Las recomendaciones formuladas buscan precisamente delinear una hoja de ruta hacia la consecución de este objetivo, enfatizando la colaboración regional, la flexibilidad contractual, la inversión en capital humano y la creación de sinergias público-privadas.

América Latina se encuentra en una encrucijada: puede continuar por la senda de una modernización fragmentada y dependiente, o puede abrazar con audacia las nuevas dinámicas globales para forjar un poder aéreo y una industria de defensa que no solo respondan a sus necesidades de seguridad, sino que también contribuyan significativamente a su desarrollo económico y a su proyección como un actor relevante en el escenario internacional. La decisión de transitar hacia este último escenario es urgente y definirá la capacidad de la región para salvaguardar sus intereses y construir un futuro más seguro y próspero.

Referencias:

- Aguilar Antonio, J. M. (2025, 28 de febrero). *Tech Leap or Tech Lag: Latin America's Quest to Keep Up with Emerging Technologies* (Research Publications No. 72). Florida International University, Jack D. Gordon Institute. https://digitalcommons.fiu.edu/jgi_research/72
- Barrera Franco, C. A., & Carranza Vázquez, M. A. (2023). *Disuasión estratégica en el Hemisferio Occidental: Propuestas vigentes para el entorno multidominio*. Global Strategy Report, (12/2023).
- Barrero Barrero, D., Baquero Valdés, F., & Gaitán Rodríguez, A. (2018). *La seguridad multidimensional y el poder aéreo: doctrinas de la OEA y Fuerza Aérea para fortalecer el desarrollo de la seguridad y la defensa*. Ciencia y Poder Aéreo, 13(1), 72-81.
- Brown, N. M. (2024). *Foreign Assistance: Where Does the Money Go?* (CRS Report No. R48150). Congressional Research Service.
- CEEAA-Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales. (2024). *Una mirada a los retos del poder aéreo latinoamericano* (Documento de Análisis N.º 24-06). Fuerza Aérea de Chile.
- Capanegra, I. (2022). *Empleo de aeronaves no tripulados en el nivel táctico del conflicto para apoyo de fuego aéreo cercano* [Trabajo Integrador Final, Universidad de la Defensa Nacional.].

<https://cefadigital.edu.ar/bitstream/1847939/2412/1/TFI%20ECS%202022%20P3E3.pdf>

- Cifuentes, H., Lema, F., Rojas, F., Trebotich, J., Padilla, M., & Parvex, T. (2024, marzo). *Innovación dual en Chile: Un primer modelo para contribuir al desarrollo nacional*. CiTA y Know Hub Chile.
- Corum, J. S., & Johnson, W. R. (2003). *Airpower in Small Wars: Fighting Insurgents and Terrorists*. University Press of Kansas.
- Ellis, R. E. (2024, 18 de septiembre). *Desafíos, innovación y cooperación entre las Fuerzas Aéreas de Centroamérica y el Caribe*. Diálogo Américas. <https://dialogo-americas.com/es/articles/challenges-of-innovation-among-and-cooperation-between-central-american-and-caribbean-air-forces/>
- Gaitán, A. (Comp.). (2016). *Pensadores, pioneros y precursores del poder aéreo*. Escuela Superior de Guerra.
- González-Cuenca, D., & Molina-Orjuela, D. E. (2020). *La superioridad aérea en las políticas de seguridad y defensa de Suramérica*. Ciencia y Poder Aéreo, 15(1), 71-86. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.653>
- Guler, T. N. (2022). *La industria de los drones en Argentina: Oportunidades para su desarrollo* (Documento N° 3). Ministerio de Agricultura de Argentina. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/03/33_-_drones_-_arg._productiva.pdf
- Hornstain, J. (2025, April 24). *VCs are pouring billions into defense tech under Trump — but some worry the hype is outpacing reality*. Business Insider.
- KnowHub. (s. f.). *Diseño de un instituto tecnológico público de innovación en defensa*. <https://knowhub.cl/itpdefensa/>
- Mackay Imboden, F. J. (2020). *Centro de investigación tecnológica de la Armada*. Revista de Marina, 137(976).
- Mezú Mina, R., Barrero-Barrero, D., Benavides González, E. G., Fernández de Lara Gaitán, A. E., & Hernández Gutiérrez, J. C. (Eds.). (2021). *La guerra contra las drogas en América Latina: Enfoques regionales de interdicción aérea* (256 pp.). Publicaciones FAC. <https://doi.org/10.18667/9789584296504>
- Meyer, P. J. (2025). *U.S. Foreign Assistance to Latin America and the Caribbean: FY2025 Appropriations* (CRS Report No. R48266). Congressional Research Service.
- Padinger, G. (2025, February 25). *Argentina presentó el primero de los F-16 comprados a Dinamarca. ¿Cómo se compara el poder aéreo en América Latina?* CNN En Español. <https://cnnespanol.cnn.com/2025/02/25/latinoamerica/poder-aereo-america-latina-argentina-f16-orix>
- Rangel Granados, J. G. (2018). *Integración del poder aéreo de las Fuerzas Armadas en acciones militares conjuntas*. Revista del Centro de Estudios Superiores Navales, 39(2), 47-70.
- Rivas, S. (2024, 5 de noviembre). *La aplicación del poder aéreo y América Latina*. Pucará Defense. <https://www.pucara.org/post/la-aplicación-del-poder-aéreo-y-américa-latina>

- Robles Mella, J. (2022, 14 de octubre). *Retos para la defensa en América Latina*. Pucará Defense. <https://www.pucara.org/post/retos-para-la-defensa-en-américa-latina>
- Runde, D. F., Romeu, R., & Hardman, A. (2024). *Reintroducing Concessional Loans into the Development Toolbox*. Center for Strategic and International Studies (CSIS).
- Sánchez, W. A. (2024). *South America: Small wars, insurgencies & aerial acquisition programs*. Small Wars & Insurgencies, 35, 807-837. <https://doi.org/10.1080/09592318.2024.2336089>
- Sion, M., Wenzel, J., & Pellicore, B. (2024, 31 de diciembre). *Rethinking Defense: The Role of Private Capital*. Bain & Company. <https://www.bain.com/insights/rethinking-defense-the-role-of-private-capital/Bain>
- Sofia Economopoulos. (2024, 23 de abril). *Nearshoring: A new era of connection for Latin America*. The Economist Impact. <https://impact.economist.com/perspectives/infrastructure-cities/nearshoring-new-era-connection-latin-america>
- U.S. Chamber of Commerce. (2023). *Supply chain strategies and nearshoring opportunities in the Americas* (Informe digital). <https://www.uschamber.com/assets/documents/USCC-INTL-Supply-Chain-Report-Digital-Final.pdf>
- U.S. Department of Defense. (2025, April 22). *Hegseth announces additional \$5.1 billion in DOD spending cuts*. U.S. Department of Defense.
- U.S. Southern Command Public Affairs. (2024, August 29). *South American defense leaders meet in Chile to discuss regional threats, cooperation*. News. <https://www.southcom.mil/MEDIA/NEWS-ARTICLES/Article/3890094/south-american-defense-leaders-meet-in-chile-to-discuss-regional-threats-cooper/>
- Vasconez, J. D. (2024, septiembre 26). *El mercado de drones en América Latina: Dónde invertir*. UAV Latam. <https://uavlatam.com/el-mercado-de-drones-en-america-latina-donde-invertir/>
- Witek, R. J. (2002). *Airpower's Role in Homeland Defense: A Western Hemisphere Perspective* (Maxwell Paper No. 26). Air University Press.

Artículo Nº 15 / 2025

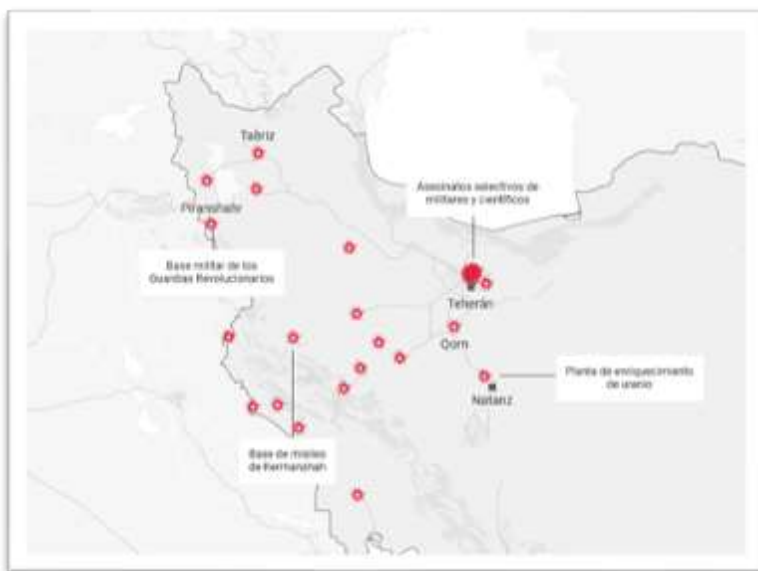
OPERACIÓN AM KALAVI



Por René Jorquera Escobar. Director de Tecnología e Innovación.
18 de junio de 2025. 9 Min. de lectura.

I.- Lo que sabemos hasta ahora

La madrugada de este 13 de junio, Israel efectuó un ataque preventivo contra Irán, en una operación que denominó **"Am Kalavi"** (León naciente según algunas fuentes consultadas), cuyo objetivo serían instalaciones nucleares, científicos involucrados en el programa nuclear iraní, altos mandos militares de dicha nación, como también la capacidad de producción y almacenamiento de misiles balísticos. Las operaciones iniciales, que involucraron a unas 200 aeronaves israelíes contra unos 100 objetivos, como también la acción de agentes del Mossad en territorio iraní, es la más importante que Tel Aviv ha emprendido en su afán de detener o ralentizar el programa nuclear iraní. A decir de las autoridades israelíes, se encontraban en un punto de no retorno y su seguridad estaba severamente amenazada debido a los avances de dicho programa. El liderazgo israelí ha descrito el ataque como necesario para la supervivencia de su nación y fundamental para evitar la construcción de bombas nucleares por parte de Irán.



Lugares atacados el 13 de junio. Fuente: Le Grand Continent

Conforme se sabe hasta ahora, múltiples puntos de la capital iraní fueron alcanzados en el ataque inicial cuyo objetivo principal, según el presidente israelí, eran tanto sitios nucleares como militares.

Israel también atacó a funcionarios que dirigen el programa nuclear de Irán y su arsenal de misiles balísticos. El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) confirmó que la instalación de enriquecimiento de uranio de Irán en Natanz fue blanco de ataques, la que conforme información posterior señala que habría sido destruida.

Dos funcionarios de seguridad señalaron, aunque esto no fue confirmado inicialmente por Tel Aviv, que el Mossad habría posicionado drones explosivos dentro de Irán con anticipación lo que habrían sido activados para atacar lanzadores de misiles en una base iraní cerca de Teherán. También señalaron que se habrían introducido de contrabando armas de precisión en el centro de Irán, así como sistemas de ataque en vehículos, que se activaron cuando la ofensiva comenzó a golpear las defensas aéreas iraníes.

Los ataques, conforme lo aseguró Israel, continuarán como mínimo durante dos semanas más, ya que el primer ministro israelí, Benjamin Netanyahu, habría prometido continuar atacando a Irán durante el tiempo que fuera necesario para “eliminar esta amenaza”, agregando “esta es una amenaza clara y presente para la propia supervivencia de Israel”.

Teherán respondió a la agresión disparando un enjambre de aviones no tripulados, misiles balísticos y crucero hacia su adversario mientras el líder supremo del país, el ayatolá Alí Jamenei, advertía de un “castigo severo”, en tanto que otras autoridades denunciaron una agresión sin precedentes y prometieron “una venganza proporcional, implacable y estratégica”. Después de los primeros ataques, miles de personas se congregaron en las calles en señal de duelo y resistencia, en tanto que la televisión estatal divulgaba imágenes de los altos mandos caídos como mártires nacionales. Es claro que el ataque no solo causó daños a la infraestructura militar y nuclear de Irán, y eliminó a personas claves en su programa atómico, también habría tocado lo profundo del orgullo nacional, lo que llevó a Teherán a planificar una respuesta militar a gran escala.

Los ataques entre ambas partes se han mantenido durante ya cinco días, generando muertos y herido. Israel clama haber eliminado a la fecha unos 20 altos mandos militares y una docena de científicos iraníes.

II.- Los antecedentes previos y la causa del ataque

El gobierno israelí lleva décadas de acciones directas o encubiertas destinadas a retrasar o evitar que Irán pueda acceder a la construcción de armas nucleares. Al respecto dicho país, que ha promocionado su desarrollo nuclear como una iniciativa destinada al uso civil de esta tecnología, ha sido renuente a cumplir con las regulaciones y tratados existente en la materia.

Desde la década de los 2000, cuando Irán aceleró su programa nuclear, Israel ha estado esporádicamente realizando ataques y eliminación selectiva de científicos y militares iraníes relacionados con el programa nuclear de dicho país. La autoría de estas acciones nunca ha sido confirmada ni desmentida por Tel Aviv. La última de estas acciones sería la muerte en un tiroteo, mientras se encontraba en su vehículo, del entonces líder del programa nuclear iraní, Mohsen Fajrizadeh, en el año 2021.

El año 2024, Israel bombardeó la embajada iraní en Damasco, lo que provocó una seguidilla de ataques y respuestas entre ambas naciones.

Esta fue la primera vez que ambos países se atacaron directamente, aunque es claro que los ataques fueron contenidos en su fuerza a fin de evitar una escalada del conflicto. Para algunos, el ataque de este 13 de junio habría cruzado la última línea y ya no habría vuelta atrás.

La motivación para cruzar este punto de no retorno podría estar en el último informe del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), el que da cuenta que Irán ha aumentado sus reservas de uranio altamente enriquecido y reactivado instalaciones ocultas, infringiendo los límites pactados en el Plan de Acción Integral Conjunto (JCPOA). Esto, para muchos analistas, sería el detonante que activó la acción militar israelí.

Irán, a la fecha ha conseguido enriquecer uranio al 68%, lo que, si bien no es suficiente para construir un arma nuclear, lo coloca muy cerca del 90% necesario para esto. Para los expertos, este paso podría estar a pocas semanas o meses, algo que Teherán no habría hecho, se estima, para emplearlo como un elemento de negociación con EEUU que le permita el levantamiento de las sanciones internacionales que pesan ahora mismo contra dicho país. Para poner en perspectiva los porcentajes señalados, el uranio enriquecido hasta un 3-5% es suficiente para la mayoría de los reactores nucleares comerciales, para aplicaciones médicas e industriales, el enriquecimiento puede llegar hasta el 20%, lo que deja en claro que las intenciones de Teherán van más allá de un desarrollo nuclear solo con fines civiles, como ha señalado reiteradamente dicho país.

Israel, por su parte, es el único país de Oriente Próximo que dispone de armas nucleares, algo que no ha reconocido públicamente pero que sería un secreto a voces. Se estima que podría poseer unas hasta unas 400 armas de esta naturaleza, las que podrían ser lanzadas desde aeronaves, submarinos y misiles balísticos.

A esta amenaza, se debe sumar el hecho que Irán ha construido miles de misiles, y ha planificado incrementar su actual producción para el próximo año 2026. Este hecho, independientemente de la amenaza nuclear, también representa una amenaza a la existencia del Estado de Israel, que se suma como antecedente a los ataques iraníes indirectos sobre dicho país realizados a través de grupos terroristas armados apoyados directamente por Teherán, quien les proporciona armas y financiamiento para que actúen como proxys en su conflicto con Tel Aviv.

III.- Algunas consideraciones

Los ataques realizados por Israel el año 2024 contra algunas instalaciones iraníes, en la profundidad de su territorio, si bien fueron medidos en su intensidad y objetivos, fueron una prueba y una advertencia de las capacidades de la Fuerza Aérea israelí para golpear objetivos estratégicos a gran distancia, en territorio iraní, como también de la capacidad que poseía para atacar el sistema de defensa aérea de dicho país. Hoy, aun cuando se desconoce el armamento utilizado y la planificación, los resultados solo muestran que la advertencia debió haber sido tomada en cuenta seriamente por Teherán.

También sería un hecho, y no un mero supuesto, que el programa nuclear iraní dista mucho de tener fines pacíficos o civiles, ya que para Irán es un objetivo estratégico desarrollar armas nucleares, las que podrían ser lanzadas con la gran cantidad de misiles balísticos que ya posee.

Con capacidad nuclear si puede disuadir y amenazar a Israel, ya que no cuenta con una capacidad aérea de ataque estratégico que permita golpear con precisión al aparato militar israelí.

El ingreso de medios de medios de contrabando dentro de Irán revela por una parte la debilidad del sistema de seguridad iraní como también las capacidades que posee el Mossad para llevar adelante este tipo de operaciones. De igual forma, no deja de ser llamativo que la acción tiene un cercano parecido con la Operación Telaraña realizada por Ucrania hace algunos días atrás.

La operación, en sus primeras acciones, fue un éxito. En los bombardeos iniciales fueron eliminados al menos seis altos oficiales de las Fuerzas Armadas iraníes y seis científicos nucleares ligados al programa atómico iraní y se dañó la Planta Nuclear de Natanz. A esto se debe agregar la destrucción o afectación de puestos de mando, sistemas de radares, sistemas de defensa aéreas, pistas, sistemas de producción y almacenamiento de misiles balísticos, entre otros objetivos militares.

La respuesta iraní a estos ataques está condicionada a la capacidad de su aparato militar, es por ello que esta se basa en el lanzamiento de grandes andanadas de misiles y drones con la finalidad de sobrepasar las capacidades defensivas israelitas y es poco probable que estas respuestas puedan variar. Dicho país no posee una capacidad aérea capaz de golpear a Israel. La componente de combate de la Fuerza Aérea iraní es una mezcla de aeronaves antiguas de origen estadounidenses, todos ellos adquiridos antes de 1979, algunas aeronaves de producción nacional y una pequeña partida de aviones de origen ruso. Ninguno de estos aviones puede asemejarse en tecnología a los más modernos F-15, F-16 y F-35 que posee la Fuerza de Defensa israelí. Esta es quizás la razón por la cual Irán, en su pugna con Israel, ha desarrollado una estrategia que privilegió la construcción de una fuerza de ataque de largo alcance basada en misiles balísticos, misiles cruceros y drones, reforzando su Defensa Aérea con material antiaéreo ruso moderno y de largo alcance, y utilizando además grupos terroristas proxis como Hamas y Hezbollah que mantienen frentes de combate activos contra Israel.

El inconveniente de estas acciones consistentes el lanzamiento de cientos de misiles y drones es que estas, muchas veces debido a su precisión y otras deliberadamente, atacan indiscriminadamente población civil, por ende, son impopulares y acarrear el repudio de la opinión pública. Además, pueden un efecto contrario al deseado ya que podrían generar resiliencia, voluntad de lucha y resistencia hasta las últimas consecuencias por parte de la población.

Por otra parte, el ataque habría sido informado previamente a Washington y se entiende, por las declaraciones que ha realizado el Presidente Trump, contaría con el apoyo de este país. De igual forma, es innegable que las acciones son afines a los intereses de la Política Exterior de Estados Unidos respecto del programa nuclear iraní. En este sentido, el Presidente Trump en su red social, Truth Social, envió un mensaje a Teherán. Afirmó haberle dado “oportunidades” al régimen iraní para negociar un acuerdo sobre sus planes nucleares, considerados una amenaza por Israel, y advirtió que, tras el ataque, la situación “solo empeorará”.

Tal como lo ha señalado el Primer Ministro israelí Benjamín Netanyahu, es muy probable que los ataques no cesen hasta que se haya eliminado el programa nuclear iraní, por lo que es de esperar que estas acciones se mantengan en el tiempo, salvo que Estados Unidos u otras naciones logren que ambos países se sienten a negociar un alto al fuego.

De igual forma, es interesante hacer notar, que a pesar de las rivalidades que existen entre las diferentes potencias del mundo musulmán, estos países han condenado el ataque israelí, en solidaridad con Irán. El Presidente turco Recep Erdogan calificó la acción israelí como una “clara provocación”, en tanto que Pakistán ha “condenado firmemente” los ataques israelíes y ha expresado su “solidaridad” con su vecino, con cual habitualmente mantiene una relación complicada. Incluso Arabia Saudita, rival suní de Irán condenó el ataque contra “un país hermano”.

China, por su parte, manifestó su “profunda preocupación” por las consecuencias del ataque aéreo lanzado por Israel contra múltiples objetivos en Irán y pidió a las partes implicadas que eviten una escalada del conflicto en Oriente Medio, en tanto que Rusia condenó las acciones de Israel realizadas en violación de los estatutos de la ONU y el derecho internacional.

En lo doctrinario, la operación “Am Kalavi” es una demostración de algunos conceptos claves que definen el empleo del Poder Aéreo; una fuerza inherentemente estratégica capaz de atacar la profundidad del adversario, primordialmente ofensiva, que requiere información de Inteligencia precisa para su empleo eficaz, capaz de conducir operaciones paralelas simultáneamente en todos los niveles de la guerra y con la capacidad para integrarse plenamente en la maniobra conjunta. Las acciones también evidencian el principio que señala que quien controla el espacio aéreo posee libertad de acción y controla lo que sucede sobre el terreno.

En cuanto a la oportunidad de la operación, esta sería la consecuencia de un sistema de seguridad internacional débil e incapaz de hacer cumplir las resoluciones y acuerdos de las Naciones Unidas, de un liderazgo distante y sin compromiso de Estados Unidos ante las crisis actuales del mundo, de una Rusia inmersa en su propia guerra incapaz de apoyar a sus aliados y de una China pragmática en su política exterior, que no está dispuesta a involucrarse en un conflicto que está fuera de su órbita de acción e intereses y que la podría enfrentar directamente con EEUU.

Otros analistas también apuntan, en este sentido, a un Irán debilitado por la caída de Hamas en Gaza lo que lo priva de una capacidad clave en su estrategia contra Israel. A esto se suma el hecho que Hezbollah ya no es una amenaza importante y la caída del régimen sirio en el 2024, que ha cerrado la franja de influencia denominada “corredor chiita”, la que le permitía proyectar su poder a través de Irak, Siria y el Líbano. Sin este corredor, su capacidad para sostener y coordinar a sus aliados regionales habría quedado comprometida.

IV.- A modo de conclusión

La operación Am Kalavi, y los ataques posteriores, son la lógica respuesta de Tel Aviv a la amenaza creciente que representa una república islámica teocrática, que ha definido a Israel como su enemigo, cuenta con capacidad de ataque nuclear. Es probable que los ataques continúen por parte de Israel hasta que pueda asegurarse que el programa atómico ha sido destruido o severamente dañado.

Irán, ante la imposibilidad de su Fuerza Aérea de efectuar ataques estratégicos contra Israel ha respondido contratacado con lanzamientos grandes cantidades de misiles balísticos, misiles crucero y drones, llevando al límite las capacidades del sistema defensivo Israelita y generando daños de diversa consideración, afectando de paso a la población civil, ataques que podrían obedecer más que nada a la necesidad de presentar una respuesta que obligue a Israel a cesar con sus ataques más que a una estrategia militar planificada.

La operación Am Kalavi es una demostración de empleo del Poder Aéreo en su forma más tradicional, un poco alejándose de los que se ha visto mayormente en el conflicto Rusia Ucrania, quizás debido a que los beligerantes, en este caso, no poseen una frontera común, lo que ha evitado el choque de fuerzas terrestres que favorece la proliferación de drones suicidas de corto alcance.

Las acciones del Mossad demuestran su capacidad para operar dentro de los países adversarios de la región, colocando en este caso en jaque a las fuerzas de seguridad iraníes, e inevitablemente nos llevan a compararlas con la operación Telaraña realizada hace algunos días por Ucrania en el corazón de Rusia.

Por último, dependiendo de la fuerza que aplique Israel y de la respuesta que tenga Irán en la defensa de su población, que no ha estado sometida a este tipo de ataques ni posee los refugios con que cuenta la población israelí, se estima que escalada de violencia y destrucción de los ataques podrían incluso hacer caer al régimen de Teherán.

Bibliografía

- <https://www.tvazteca.com/aztecanoticias/que-pasa-israel-e-iran-claves-para-entender-el-bombardeo-a-teheran-por-que-israel-bombardeo-teheran>
- <https://www.latimes.com/espanol/internacional/articulo/2025-06-12/israel-ataca-instalaciones-nucleares-y-de-misiles-de-iran-y-mata-a-altos-funcionarios-militares>
- https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/que-sabemos-sobre-ataque-israel-iran-objetivos-reacciones_25267
- <https://www.huffingtonpost.es/global/ataques-israeliran-espinal-belica-contundencia-desconocida-consecuencias-impredecibles.html>
- <https://legrandcontinent.eu/es/2025/06/13/israel-el-mossad-afirma-haber-establecido-una-base-de-drones-explosivos-en-pleno-corazon-de-iran/>
- <https://www.elmostrador.cl/noticias/mundo/2025/06/16/israel-y-el-momento-propicio-frente-a-un-iran-debilitado/>

Artículo Nº 16 / 2025

LA OPERACIÓN “MARTILLO DE MEDIANOCHE”

Por Equipo CEEA.

24 de junio de 2025. 08 min. De lectura



I.- INTRODUCCIÓN

La noche del sábado al domingo 22 de junio, Estados Unidos después de una semana de dudas y mensajes al gobierno de Teherán lanzó sorpresivamente un ataque aéreo contra instalaciones nucleares de Irán. El gobierno estadounidense informó que se habían atacado instalaciones nucleares de Fordo, Natanz e Ishafan, operación que habría sido producto de meses de planificación previa.

El ataque, el primero que Estados Unidos lanza contra Irán, supone el involucramiento directo de la principal potencia militar en el conflicto que desde el 13 de junio enfrenta a Israel con Irán, y aun cuando el presidente Trump había señalado pocos días antes que se tomaría "como máximo" dos semanas para tomar la decisión de atacar o no a Irán, el hecho de que esto se concretara cambia el escenario en el conflicto del Medio Oriente y amenaza a que este recrudezca y pueda involucrar a otros actores.

En este sentido, para algunos analistas, la decisión de atacar Irán marca un punto de inflexión para la estabilidad de Medio Oriente y el rol de Washington en la región. Además, contrasta con el hecho que pocos días antes la Casa Blanca parecía optar por la vía diplomática, con rondas de negociación con Irán con la intención de alcanzar un nuevo acuerdo sobre su programa nuclear.

II.- PROGRAMA NUCLEAR DE IRÁN

¿Qué es el programa nuclear de Irán? El programa nuclear de Irán lleva más de 75 años de evolución, se inició en tiempos del Sha cuando dicho país contaba con el respaldo de las potencias de occidente.

Posteriormente a la revolución islámica del año 1979 se continuó con el programa en desarrollo haciendo un énfasis de poseer una soberanía tecnológica como asimismo lograr una dependencia nacional. Durante estos últimos años han informado que su programa es del ámbito civil tanto para generar electricidad y como insumos médicos.

En el año 2015, Irán firmó el acuerdo nuclear conocido como JCPOA con seis potencias mundiales, comprometiéndose a limitar su enriquecimiento de uranio a cambio del levantamiento de sanciones. Sin embargo, en 2018, Estados Unidos se retiró del acuerdo, lo que llevó a Irán a aumentar progresivamente su nivel de enriquecimiento. En el último periodo Irán alcanzó niveles de enriquecimiento de uranio de sobre el 60%, situación que provocó grandes implicancias geopolíticas a nivel regional y global.

III.- LA OPERACIÓN “MARTILLO DE MEDIANOCHE”

Se debe recordar que, en la madrugada del 13 de junio de 2025, se inició un ataque de Israel a Irán comenzó, bajo la operación denominada León Creciente (ver Artículo N° A15/2025, CEEA). Dicha operación consistió en una ofensiva aérea masiva que involucró aproximadamente 200 aviones de combate y se dirigió contra más de 100 objetivos estratégicos dentro del territorio iraní. Los objetivos más significativos fueron la infraestructura crítica militar que permitieran reducir la capacidad ofensiva iraní destruyendo depósitos de misiles y plataformas de lanzamiento en regiones como Kermanshah y de disminuir la capacidad del programa nuclear iraní.

Sin embargo, la capacidad que tenía Irán de las instalaciones de enriquecimiento nuclear no logró ser destruida. La operación marcó un punto de inflexión en el conflicto, provocando una respuesta inmediata de Irán y elevando la tensión en toda la región dando paso el día 22 de junio a un ataque ejecutado por los Estados Unidos.

Esta operación estadounidense, cuyo nombre es “Martillo de medianoche”, involucró más de 125 aeronaves militares, incluidos siete bombarderos furtivos B-2 que utilizaron bombas especiales tipo GBU-57 A/B, como también a un submarino nuclear estadounidense que habría disparado misiles crucero Tomahawk contra blancos específicos poco antes que los aviones ingresaran al espacio aéreo iraní. Los objetivos atacados son tres instalaciones asociadas con el programa de enriquecimiento de uranio que lleva adelante Irán.

Los blancos

Uno de los objetivos fue la instalación de Fordo, la segunda instalación de enriquecimiento nuclear de Irán en importancia, la que está construida en instalaciones subterráneas en la ladera de una montaña, a unos 80 metros bajo tierra, cerca de la ciudad de Qom, a unos 95 km al suroeste de Teherán, la que sería vital para el programa nuclear de Irán. Construida en violación a las resoluciones de la ONU, la instalación fue presentada como una planta de enriquecimiento de uranio de alto grado con capacidad para unas 3.000 centrifugadoras.

En el 2023, en dicha planta se detectaron partículas de uranio enriquecido al 83,7%. Irán alegó “fluctuaciones involuntarias” durante el proceso de enriquecimiento”.

Además de esta planta, Washington afirmó que también atacó las instalaciones nucleares de Natanz e Isfahán. La planta de Natanz es quizás la más conocida, cuenta con dos edificios, uno de ellos subterráneo, y contaría con unas 10.000 máquinas centrífugas para enriquecer uranio. La instalación de Isfahán es, por su parte, una planta de conversión que permite producir los gases necesarios para el enriquecimiento del material radioactivo,

Las evaluaciones iniciales estadounidenses indicarían que los tres objetivos nucleares iraníes sufrieron daños y destrucción extremos.

En el caso de Fordo, estas se encontrarían a una profundidad tal que no habría sido dañada por los ataques israelíes previos y solo Estados Unidos contaría con una bomba lo suficientemente potente para destruir refugios fortificados ubicados en profundidad la bomba GBU-57, lo que en la práctica habría determinado la participación de Washington en esta guerra.



Fuente: BBC.

La operación

El paquete principal de la operación, compuesto por 7 aviones bombarderos B-2 comenzó su viaje de ida y vuelta, que abarcó más de un día de vuelo continuo, desde la Base Aérea de Whiteman, en el Estado de Missouri, distante a unos 10.000 km de la frontera iraní. La operación además consideró el vuelo de una agrupación similar de aeronaves B-2 que despegó desde la misma base en una ruta por sobre el Pacífico, en una deliberada maniobra de engaño.



El grupo de siete B-2 voló una ruta sobre el Atlántico, a través del Mar Mediterráneo, hacia el Medio Oriente, que dado la distancia hacia los objetivos requirió del apoyo una flota de aviones de reabastecimiento aéreo KC-135 y KC-46 A, los que conforme la planificación fue pre posicionados para realizar los carguíos de combustible tanto para el trayecto de ida como de vuelta.

Antes del ingreso al espacio aéreo iraní, un número y tipo no especificados de cazas estadounidenses de cuarta y quinta generación se unieron a los bombarderos antes de entrar en Irán, con la finalidad de dar protección al grupo de ataque principal de una posible reacción del sistema de Defensa Aérea iraní, principalmente de una posible amenaza superficie aire, para lo cual se atacaron sitios de misiles antiaéreos con armas de supresión de alta velocidad, antes del ingreso de la fuerza de ataque principal.



Es interesante notar que el sistema de Defensa Aérea iraní ya había sido fuertemente degradado por los ataques israelíes.

En total, el ataque habría empleado aproximadamente 75 armas guiadas de precisión durante esta operación, entre las que se deben considerar las 14 bombas GBU-57 destinadas a la destrucción de las instalaciones nucleares ya señaladas.

En total, más de 125 aviones habrían formado parte de esta misión de ataque aéreo estratégico, incluyendo aviones de inteligencia, vigilancia y reconocimiento y reabastecimiento de combustible, señaló el General estadounidense Dan Caine, jefe del Estado Mayor Conjunto de EE.UU. Este mismo alto oficial señaló que “determinar los daños finales de la batalla llevará algún tiempo, pero las evaluaciones iniciales indican que los tres sitios sufrieron daños de destrucción extremadamente severos”.

IV.- EL BOMBARDERO FURTIVO ESTRATÉGICO B-2 “SPIRIT”.



B-2 spirit volando sobre el Océano Pacífico. Fuente: Wikipedia. ¶

El Bombardero B-2 “Spirit”, conocido como el Stealth Bomber, es un bombardero estratégico sub-sónico con tecnología furtiva (“stealth”) fabricado por la Empresa Northrop Grumman y empleado por la Fuerza Aérea de EE. UU. Desde su primer vuelo en 1989 y su incorporación en 1997.

El B-2 ha sido capaz de transportar tanto munición nuclear como convencional gracias a su capacidad para evadir sistemas de defensa aérea sofisticados. Los B-2 “Spirit” están destinados principalmente en la Base Aérea de Whiteman, en Missouri.

Ese tipo de aviones son considerados una de las herramientas militares más avanzadas de Estados Unidos porque permiten lanzar ataques de precisión contra objetivos muy complejos de penetrar.

Sus características principales son:

Tripulación: 2 pilotos (piloto y comandante de misión).

Dimensiones: envergadura 52 m., longitud 21 m., altura 5,2 m.

Superficie alar: 478 m².

Peso máximo al despegue: 170.600 kg.

Motores: 4 turbofan General Electric F118-GE-100 (7.860 kg;17.310lb de empuje cada uno).

Techo de servicio:15.200 m. (49.869ft.)

Alcance: 11.112 km. (6.000 mn)

Velocidad máxima: 525 kt. (Mach 0.95)

El diseño en forma de ala voladora y el uso de materiales furtivos hacen que el B-2 tenga una firma de radar extremadamente baja, estimada en $0,1 \text{ m}^2$, lo que dificulta su detección. El alcance del bombardero, de más de 6.000 millas náuticas (11.112 km) sin reabastecimiento, le permite alcanzar capacidades de ataque global desde bases continentales de EE. UU. y puede llegar hasta los 17.500 km con una recarga en vuelo, perfilándose como el bombardero más autónomo del mundo.

Puede llegar a Irán desde Bases en EEUU o desde la Isla británica de Diego García, en el Océano Índico, si se reabastecen en vuelo.

El B-2 está diseñado para misiones nucleares y convencionales.

Armamento:

Bombas B-83 (1.100 kg. cada una). Bombas de precisión JDAM, más geolocalizadas.

Bunker busters extremos: puede transportar la bomba GBU-57/Massive Ordnance Penetrator (MOP), de 13.6 kg.

El B-2 representa el corazón del componente aerotransportado de la tríada nuclear de EE. UU., junto a misiles intercontinentales y submarinos.

Con una capacidad de penetración sin rival y con objetivos de alto valor estratégico, su disuasión lo convierte en uno de los aviones más letales y caros jamás construidos.



Operaciones destacadas:

Su bautismo de fuego tuvo lugar en la guerra de Kosovo en 1999, donde fue responsable de la destrucción de 33 % de los blancos de bombardeo en las primeras ocho semanas de la intervención en Serbia. Durante esta guerra, seis B-2 volaron desde su base en Misuri hacia Kosovo, atacaron sus blancos y regresaron a su base, habiendo volado un total de 30 h. El avión se comportó correctamente y utilizó la bomba guiada por satélite JDAM por primera vez. También ha participado en Irak y Afganistán.

Para las misiones en Afganistán se consideró al B-2 desde el principio y después de bombardear los objetivos terrestres, los B-2 aterrizaban en Diego García, recargaban y cambiaban de tripulación. Esta fue la primera vez que el avión operaba fuera de la Base Aérea de Whiteman.

Para la campaña de Irak, se fue un poco más lejos y los B-2 tenían su base en la isla de Diego García. Durante la invasión a Irak, el B-2 realizó operaciones de treinta horas de duración y una misión de más de cincuenta horas; el B-2 puede operar con un solo tripulante debido a que está altamente automatizado, el piloto que descansa puede dormir, ir al baño, prepararse una comida mientras el otro se encarga del vuelo. Este avión llegó a operación completa y total en diciembre de 2003.

Durante la operación Libertad Iraquí los B-2 lanzaron 583 bombas JDAM a diversos blancos.

En octubre de 2005 se arrestó a Noshir Gowadia (ingeniero de diseño) por vender información clasificada de los sistemas de propulsión del avión en el exterior, su juicio tuvo lugar en febrero de 2008.

Los bombarderos B-2 fueron utilizados en la Operación Amanecer de la Odisea volando durante 25 horas desde Misuri a Trípoli y lanzando 45 bombas guiadas por satélite.

A finales de marzo de 2013 se desplegaron bombarderos B-2 en Corea del Sur para realizar maniobras militares, ante la escalada de tensión dentro de la Crisis en Corea de 2013.

El 16 de octubre de 2024, los B-2A llevaron a cabo ataques contra instalaciones de almacenamiento de armas en Yemen, incluidas instalaciones subterráneas propiedad de los hutíes. Cinco lugares de almacenamiento de armas subterráneos reforzados fueron atacados como parte de la campaña contra los hutíes por atacar el transporte marítimo internacional durante la crisis del Mar Rojo. Se cree que los ataques también sirvieron como advertencia para Irán, demostrando la capacidad del bombardero furtivo para destruir objetivos enterrados bajo tierra.



principios de abril de 2025, seis bombarderos B-2 fueron fotografiados en la Base de Diego García, a 3.700 kilómetros de Irán. Fuente: Planet Labs.

V.- PRINCIPAL ARMAMENTO UTILIZADO

BOMBAS GBU-57A/B MASSIVE ORDNANCE PENETRATOR (MOP) Y MISIL DE CRUCERO BGM-109 TOMAHAWK.



GBU-57A/B Massive Ordnance Penetrator (MOP) es la mayor bomba antibúnker en servicio en Estados Unidos y está diseñada para destruir objetivos subterráneos fuertemente reforzados, como búnkeres o instalaciones nucleares.

Dimensiones:

- **Longitud:** Aproximadamente 6,2 metros.
- **Diámetro:** Cerca de 0,8 metros.
- **Peso:** Alrededor de 13.600 kg (30.000 libras).
- **Explosivo 2.400 kg (5.300 libras).**
- **Penetración:** 60 metros en hormigón armado de 35 MPa (Megapascal)²².
8 metros en hormigón armado de 69 MPa.
40 metros en roca moderadamente dura.

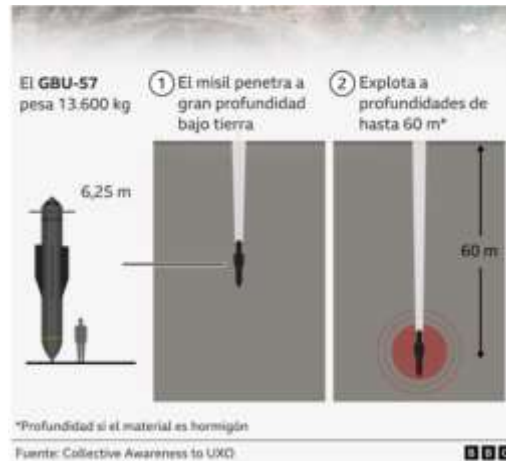
Estos parámetros permiten que la munición, pese a su considerable masa, cuente con la resistencia necesaria para penetrar estructuras de alta dureza. Su carcasa está compuesta de acero especial endurecido, lo que le permite absorber el impacto inicial al chocar con superficies duras antes de detonar en el interior del objetivo, maximizando así el daño interno.

La GBU-57A/B incorpora un sistema de guía basado en GPS y navegación inercial, lo que le brinda la precisión necesaria para alcanzar blancos profundos a grandes distancias, a menudo superando los 60 metros de penetración en algunos casos. Debido a su tamaño y peso, el único avión actualmente configurado para transportarla y lanzarla con seguridad es el bombardero furtivo B-2 Spirit.



²²**Resistencia a la compresión:**El valor de 35 MPa indica que al someter probetas (cilíndricas o cúbicas) a ensayos de compresión se espera que soporten hasta 35 MPa de presión antes de fallar. Esta resistencia es adecuada para una gran variedad de estructuras, desde edificios residenciales hasta infraestructuras de mediana exigencia.

Si bien el B-52 Stratofortress ha realizado pruebas con la GBU-57 e incluso demostró la capacidad de lanzamiento en entornos controlados, este avión no está certificado de forma operacional para emplear esta arma. Del mismo modo, el B-1 Lancer posee la capacidad de carga necesaria para teóricamente transportar la bomba, pero no se ha adaptado ni modificado para su integración oficial, principalmente por restricciones estructurales y de software.



Tomahawk

El BGM-109 **Tomahawk** es un misil de crucero desarrollado por Estados Unidos, con capacidad de volar a baja altitud, seguir rutas programadas con precisión y atacar objetivos a gran distancia (más de 1.600 km). Puede ser lanzado desde buques o submarinos y ha sido utilizado en múltiples conflictos desde la Guerra del Golfo en 1991. Su sistema de guiado combina GPS, navegación inercial y mapas digitales del terreno, lo que le permite alcanzar blancos con gran exactitud.

Algunas de sus características:

- **Alcance:** hasta 2.500 km en algunas versiones.
- **Velocidad:** subsónica (~880 km/h).
- **Lanzamiento:** desde buques y submarinos.
- **Precisión:** guiado por GPS, TERCOM y DSMAC (correlación digital de imágenes del terreno).
- **Ventaja:** puede volar durante horas, cambiar de rumbo en vuelo y transmitir imágenes del objetivo antes del impacto



Las dimensiones del BGM-109 Tomahawk, varían ligeramente según la configuración (principalmente según si se cuenta o no con el propulsor adicional para el despegue):

- **Longitud:** Aproximadamente 5,56 m sin el propulsor adicional, extendiéndose hasta 6,25 m cuando éste está incorporado.
- **Diámetro del fuselaje:** Cerca de 0,52 m.
- **Envergadura (alas):** Alrededor de 2,67 m.
- **Peso:** Aproximadamente 1.310 kg sin el propulsor y cerca de 1.590 kg con el propulsor incluido.
- **Cabeza explosiva:** Aproximadamente 450 kg de material explosivo (usualmente a base del dispositivo WDU-25/B de alta potencia).

El misil Tomahawk ha evolucionado a lo largo de las décadas en varias versiones, cada una con mejoras en alcance, precisión y capacidades.

Últimas versiones.

Bloque IV (TLAM-E)

- **Introducción:** 2004.
- **Mejoras:** Capacidad de redireccionamiento en vuelo, transmisión de imágenes del objetivo, y menor costo de mantenimiento.

Bloque V (y variantes Va y Vb)

- **Introducción:** Desde 2021.
- **Va:** Mejora en capacidad de ataque a blancos móviles marítimos.
- **Vb:** Ojiva penetrante para objetivos reforzados.
- **Estado:** En despliegue progresivo.



Source / Author: Raytheon, Photo: Raytheon.

VI.- REFLEXIONES FINALES

Al momento de escribir el presente texto, las principales reflexiones que se pueden obtener, entre otras, serían:

El objetivo militar de la operación “Martillo de Medianoche” se habría cumplido según información estadounidense, atacando tres instalaciones nucleares iraníes (Fordow, Natanz e Isfahán) con bombarderos B-2 y misiles Tomahawk. Por otra parte, el Pentágono declaró que el objetivo era neutralizar la amenaza nuclear iraní, y no buscaba al régimen. Irán respondió con ataques de misiles y drones contra posiciones israelíes, y su Parlamento debatió el cierre del Estrecho de Ormuz, lo que podría desencadenar una crisis energética global. Irán respondió en menos de 12 horas con ataques de misiles y drones contra objetivos en Israel y en el Golfo Pérsico.

La tensión escaló rápidamente, con un aumento del despliegue militar en la región por parte de potencias aliadas y rivales, y el Parlamento iraní debatió el cierre del Estrecho de Ormuz. Asimismo, atacó la Base ubicada en Doha, la capital de Qatar, y que es la sede del Centcom de Estados Unidos, donde se realizan las operaciones aéreas en Medio Oriente.

La operación “Martillo de Medianoche” produjo un efecto dividido. Israel hacía presente su aceptación de la acción, otros actores como Rusia, China y la ONU condenaron el ataque, asimismo la Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) convocó una reunión de emergencia y advirtió sobre los riesgos de atacar instalaciones nucleares.

El conflicto ha generado volatilidad en los mercados energéticos y amenaza con afectar a industrias tecnológicas globales debido al posible encarecimiento del petróleo y la interrupción de cadenas de suministro. Aunque EE.UU. señaló que no busca una guerra abierta en la región, la situación continúa siendo volátil, donde Irán afirmó continuar con

represalias calibradas. Con lo anterior, la comunidad internacional demuestra preocupación por la incertidumbre que se observa y teme una escalada mayor, si no se retoma el diálogo entre los involucrados.

En lo doctrinario, la operación “Martillo de medianoche” es una demostración de algunos conceptos claves que definen el empleo del Poder Aéreo como una fuerza inherentemente estratégica, con capacidad de atacar la profundidad del adversario, primordialmente ofensiva, que requiere información de Inteligencia precisa para su empleo eficaz, capaz de conducir operaciones paralelas simultáneamente en todos los niveles de la guerra y con la capacidad para integrarse plenamente en la maniobra conjunta. Las acciones también evidencian el principio que señala que quien controla el espacio aéreo posee libertad de acción y controla lo que sucede sobre el terreno. Como ha sido demostrado en muchos de los últimos conflictos.

Bibliografía:

- 1.- <https://www.rtve.es/noticias/20250622/que-hay-detras-ataque-eeuu-a-iran-causas-claves/16635385.shtml>
- 2.- <https://www.france24.com/es/medio-orient/20250622-c%C3%B3mo-fue-el-ataque-de-ee-uu-al-coraz%C3%B3n-nuclear-de-ir%C3%A1n-los-detalles-de-la-operaci%C3%B3n-secreta>
- 3.- <https://www.bbc.com/mundo/articles/c98j36mye5do>
- 4.- https://www.ondacero.es/noticias/mundo/que-eeuu-ataca-iran-estas-son-todas-claves_202506226857be24f68fe227a84620db.html
- 5.- <https://www.af.mil/fact-sheets/display/article>
- 6.- <https://es.wikipedia.org>

Artículo Nº 17 / 2025

BOTES VOLADORES Y MATERIAL ANFIBIO EN LA APERTURA DE LA RUTA HACIA MAGALLANES Y LA ANTÁRTICA



Por René Jorquera Escobar. Director de Tecnología e Innovación.
03 de julio de 2025. 9 Min. de lectura.

I.- Introducción

Los primeros días de enero de 2025, la Fuerza Aérea de Chile alcanzó, mediante la operación Estrella Polar III, un hito histórico al llegar por quinta vez el Polo Sur, operación en la cual trasladó al Presidente de la República hasta dicho confín que marca el límite más austral de nuestro país. Esta misión, que implicó una planificación, preparación y ejecución de primer nivel sin duda quedará en la historia nacional e Institucional por su significado y trascendencia en lo operacional, en lo estratégico y en lo geopolítico, y en el futuro será destacado como un hito significativo en los esfuerzos que nuestro país ha realizado en la exploración y conquista de nuestro Territorio Antártico.

Esta operación es una muestra de la contribución de la Fuerza Aérea en la conquista de nuestro Territorio Antártico, y en esta sucinta revisión, abordaremos como los aviadores militares del pasado enfrentaron la titánica tarea de abrir las rutas aéreas hacia este alejado confín de nuestra patria y como enfrentaron los desafíos que esta misión les impuso.

La posibilidad de alcanzar nuestro Territorio Antártico estuvo siempre condicionada por las capacidades de los medios aéreos disponibles, éstos otorgaron las facultades para ir avanzando poco a poco, adentrándose hacia el sur, abriendo rutas que luego solo serían tramos de una ruta mayor, corriendo poco el límite en la medida que esto era posible. En los inicios, la apertura de las rutas hacia Arica y hacia Puerto Montt, se hizo conforme el alcance de las aeronaves y las condiciones de terreno permitían improvisar una pista donde aterrizar, extendiendo el alcance de nuestras alas cada vez un poco más. Sin embargo, la conquista del Chile Austral, y de la Antártica, requirió, en el principio y por muchos años, de medios aéreos especiales.

Hacia esos confines, los botes voladores, hidroaviones y anfibios, eran el medio ideal ante la inexistencia de una pista o lugar plano donde aterrizar. Los primeros intentos para las zonas de Puerto Aysén, Magallanes y la Antártica Chilena se realizaron en este tipo de aeronaves, las que, junto a sus tripulaciones, escribieron páginas memorables de nuestra historia y fueron el cimiento sobre el cual, luego de muños años, se pudo conquistar el Polo Sur.

II.- El primer paso, abrir una ruta hacia Magallanes

Algunos años antes de la fundación de la Fuerza Aérea, el Comodoro Arturo Merino Benítez consciente de la necesidad de romper el aislamiento que presentaban las localidades más alejadas del centro del país, y ante las innegables ventajas que presentaba el medio aéreo en cuanto a su velocidad y alcance, impulsa en su calidad de Director de la Escuela de Aviación

y luego como Inspector de Aeronáutica, la apertura de líneas aeropostales hacia el norte y sur del país.

Primero, quizás porque era una tarea más abordable, se abrió la ruta aérea hacia el norte. Para ello, en la medida que las aeronaves tenían mejores capacidades, se exploraron mediante vuelos de exploración las posibles zonas de operación, y por supuesto, las condiciones meteorológicas en las que se iba a volar. En este sentido, la historia de la Fuerza Aérea consigna como un hito el raid realizado hasta Arica y Tacna en 1924, qué permitió explorar la ruta en vista a la posibilidad de establecer en el futuro una línea aérea, lo que en definitiva se consolidó con la apertura, en 1929, de la Línea Aerpostal Santiago – Arica.

Aun cuando este raid es el primer indicio de la apertura de la línea aerpostal hacia el norte, al tenor de los hechos y tal como lo veremos más adelante, es importante resaltar la importancia que tendría también para el desarrollo posterior de la aviación en Chile, el raid que realizó ese mismo año 1924, el 1 de agosto, el Teniente 1º de la Armada de Chile Manuel Francke Mariotti y el Capitán de Fragata Abel Campos, con cuatro hombres de tripulación, realizaron un raid el bote volador “Guardiamarina Zañartu” con destino a Arica. El vuelo requirió el amarizaje en Coquimbo, Huasco, Caldera, Mejillones, Iquique y Arica, cubriendo, en su tramo de ida, 893 millas en once horas y veinticinco minutos de vuelo efectivo, arribando a su destino final el día 4 de agosto a las 11.45 horas.

La ruta al sur siguió la misma mecánica empleada hacia el norte. Primero se realizaron vuelos exploratorios hacia Chillan, Concepción, Temuco para finalmente alcanzar la ciudad de Puerto Montt. En dicha ciudad se asentó en 1929, con el objetivo de realizar vuelos de exploración hacia la región de Aysén y Magallanes, la Escuadrilla Anfibia N° 1 “Línea Aérea Experimental Puerto Montt - Aysén”, en el sector de la Chamiza, la que con el tiempo se convertiría en el Grupo de Aviación N° 5. El material de vuelo asignado a esta escuadrilla fueron 6 aviones Canadian Vickers Vedette, biplanos anfibios que contaban con un motor de 225 HP montado en el centro en el ala superior con su hélice en la parte superior. Esta aeronave desarrollaba una velocidad de unos 120 km/h, con una autonomía de 2 horas y 45 minutos y una capacidad de tres pasajeros. A este material se le agregó dos Gipsy Moth de 100 hp a los que se le colocaron flotadores.



Aeronave Vickers Vedette utilizado para abrir el tramo Puerto Montt – Puerto Aysén

La misión de la Escuadrilla, tal como su nombre lo señalaba, era estudiar una línea aérea hasta Aysén, primera etapa en la proyectada ruta a Magallanes. Gracias al gran espíritu de vuelo que animaba a los pilotos militares hizo posible establecer la unión aérea proyectada, a pesar de las escasas condiciones aerodinámicas y marineras de los Vedettes.

El asentamiento de esta Escuadrilla Anfibia deja de manifiesto que era claro que la segunda parte de la ruta, en tanto no se dispusiera de aeronaves con el alcance necesario, debía materializarse ya no con aviones convencionales habida cuenta de las características del terreno sobre el cual se volaría, desmembrado en miles de islas y canales. Para esta etapa era necesario emplear material de vuelo que tuviera capacidad para operar en el agua, ya sea botes voladores o hidroaviones anfibios, tal como aconteció en la práctica.

Providencialmente tres años antes, en 1926, nuestro país había adquirido en Alemania seis aeronaves Junkers R-42, un bombardero trimotor que tenía la particularidad de poder ser equipado con un tren de aterrizaje con ruedas, esquíes o flotadores, y que además de poseía un alcance de unos 1300 kilómetros. Estas características hacían del material R-42 especialmente apto para realizar un viaje entre Puerto Montt y Punta Arenas y así abrir el tramo de ruta que aún faltaba por conquistar. La aeronave en cuestión realizó el tramo Santiago – Puerto Montt, y en este último punto se le instalaron los flotadores requeridos para la segunda fase del vuelo, la que consideró escalas en Puerto Aysén- Puerto Natales y Punta Arenas, amarizando en dicha ciudad el 29 de enero de 1930, casi dos meses antes de la unificación de los servicios aéreos del Ejército y de la Armada, hecho que dio origen a la Fuerza Aérea de Chile.



Junker J-42 de la FACH con flotadores

La apertura de la ruta no significó su consolidación inmediata como pudiese esperarse, quizás la crisis político-económica de 1930 – 1932 impidió que se continuara avanzando, aun cuando un hecho importante daba cuenta del interés por consolidar este logro. En efecto, en diciembre de 1930 se estableció en la zona de Cabo Negro, unos 20 kilómetros al norte de Punta Arenas, la Escuadrilla Anfibia N° 2, con el propósito de explorar la zona para establecer una base que permitiera operar una línea aérea que cubriera la ruta Santiago- Punta Arenas. La escuadrilla en cuestión contó inicialmente con dos Curtiss Falcon dotados de flotadores.

El Curtiss Falcon era una aeronave biplano de observación y ataque construido por la compañía estadounidense de Glenn Curtiss. Estaba dotado de un motor Curtiss V-1150E de 435 hp. Con estos aviones se realizaron vuelos exploratorios a Porvenir, Puerto Natales, Cabo de Hornos y Ushuaia, entre otros lugares de la zona.

Las aeronaves en cuestión tenían dificultad para operar en la zona, por lo cual luego de tres meses de experiencia se resolvió cambiar los flotadores por tren de aterrizaje, pasando entonces a operar desde tierra en los mismos terrenos de Cabo Negro.



Avión Curtiss Falcon con flotadores en Magallanes

En 1934, cuando ya había transcurrido casi un lustro del viaje histórico del Comodoro Arturo Merino Benítez, el ahora Comandante en Jefe de la Fuerza Aérea de esa época, General del Aire Diego Aracena Aguilar, decide retomar el impulso inicial y consolidar el logro ya alcanzado. De esta forma, primeramente, ordena a la Escuadrilla de Anfibios N° 1 realizar un nuevo vuelo hacia la zona de Punta Arenas, el que se realizó en septiembre de 1934 en una aeronave anfibia Sikorsky S-38 la que amarizó en el Estrecho de Magallanes el día 18 de septiembre de ese año.



Un S-38 anclado en la Bahía de Puerto Aysén

El Sikorsky S-38 era una hidrocanoa anfibia, dotada de dos motores Pratt and Whitney R 1340 Wasp de 411 Hp cada uno y que tenía un alcance de 1200 kilómetros. Este nuevo vuelo demostró las capacidades profesionales de la naciente Fuerza Aérea, sin embargo, se estimaba que se requería de aeronaves de mejores capacidades para establecer en definitiva una línea aérea que operará permanentemente hacia Magallanes.

El General Diego Aracena entonces impulsa un proyecto destinado a adquirir material para hacer realidad este anhelado sueño, que permitiría unir por aire a la aislada comunidad de Magallanes. En esos tiempos, un viaje hacia el centro del país tomaba 13 o más días y existía una posibilidad cierta que la línea aerpostal Argentina materializara un proyecto de utilizar una base de Bariloche para unir todo el territorio de Magallanes con el centro y norte de Chile en un servicio rápido menor a 48 horas, lo que evidentemente no era deseable a los intereses de nuestro país.

En 1935, la Línea Aérea Nacional presentó un proyecto para establecer un servicio de pasajeros y correspondencia hacia la zona de Magallanes, el que fue aprobado, financiándose la adquisición de aeronaves y determinándose que la Fuerza Aérea debía organizar la futura Línea Experimental a Magallanes. De esta manera, a mediados de 1936, luego de realizar los estudios pertinentes, se decidió la adquisición de dos bimotores anfibios Sikorsky modelo S-43 dotados de motores Pratt and Whitney de 800 hp cada uno con capacidad de unos 16 pasajeros y con la particularidad de poseer tren retráctil en el casco del avión, lo que le permitía operar indistintamente sobre agua como sobre tierra. A estas características se agregaba un alcance de 1300 kilómetros. Las aeronaves fueron bautizadas “Magallanes” y “Chiloé”.



Avión Sikorski S-43 de dotación de la Fuerza Aérea

El 7 de enero de 1937, el “Magallanes” pilotado personalmente por el General Aracena, cubrió la distancia entre Santiago y Punta Arenas en diez horas de vuelo, arribando a su destino en perfectas condiciones, siendo este el primer vuelo de la Línea Experimental a Magallanes. A mediados de ese año, cuando la Línea Experimental a Magallanes comenzaba a consolidarse, habiéndose ya realizado 27 viajes con su pasaje y carga completos sin novedad alguna, uno de los aviones, el Sikorsky “Chiloe” sufrió un lamentable accidente que a la postre vino a suspender el servicio en forma definitiva.

Habría que esperar hasta febrero de 1946 cuando la Línea Aérea Nacional retomó esta iniciativa para hacer realidad de manera definitiva el servicio de pasajeros entre Punta Arenas y el centro del país. Para ese entonces la aviación había avanzado de manera vertiginosa, ya no era necesario hacer este tramo con aeronaves anfibas, se contaba con un aeródromo en Bahía Catalina y con aeronaves capaces de cubrir el tramo Santiago – Punta Arenas, con escala en Balmaceda. La ruta se consolidaría con su inauguración oficial en enero de 1947.

III.- El segundo paso, alcanzar la Antártica y operar en ella

Una vez que se abrió la ruta hacia Magallanes, el próximo objetivo lógico a conquistar hacia el sur era volar hacia la Antártica, ruta que se fue jalando paulatinamente mediante hitos sucesivos que a la postre permitieron lograr la meta de desplegar nuestras alas sobre el continente blanco.

En muchos de estos hitos estuvieron presentes hidroaviones y anfios, que gracias a sus características permitieron soslayar la inexistencia de pistas de aterrizaje en estos alejados parajes.



Consolidated PBY-5 Catalina del Grupo de Aviación N°2.

El primero de estos hitos ocurrió el 2 de febrero de 1945 cuando el bote volador PBY-5 N° 400 pilotado por los Tenientes Óscar Leiva Silva y Arturo Parodi Alister más cinco tripulantes realizó un vuelo directo Punta Arenas-Quintero con cuatro pasajeros, demorando en este trayecto 12:25 horas. El motivo del vuelo a esa zona fue trasladar una comisión de diez profesionales pertenecientes a la Corporación de Fomento con la finalidad de realizar estudios económicos e hidroeléctricos. Este desplazamiento no estuvo exento de dificultades debido a las características propias de la zona como los fuertes vientos imperantes o brucas nevazones que causaron algunos percances que fueron sorteados de manera exitosa por la tripulación.

Dos años más tarde, en 1947, una aeronave Vought Kingfisher, transportada hacia la zona por un buque de la Armada de Chile, realiza el primer vuelo aéreo sobre el continente Antártico en el área de Bahía Soberanía, pilotado por el Teniente 1º Arturo Parodi. Este primer vuelo tuvo una duración de unos 30 minutos, posterior a este se realizó un segundo vuelo más largo que sobrevoló y amarizó en la Isla Decepción, distante a 60 millas de la Bahía Soberanía. También, se efectuó reconocimiento de la Isla Livingston, el área de Lockroy y otros lugares de interés.

El material Kingfisher había llegado al país en 1942 y se encontraban asignados a la Base Aérea de Quintero, se trataba de un hidroavión especialmente adaptado para funciones de patrullaje aeromarítimo, poseía un motor Pratt and Withney R-985 de 450 Hp y tenía un alcance de 1.296 kilómetros. Este vuelo sería el preludio de otros que vendrían más adelante ya que el material Kingfisher seguiría empleándose en sucesivas campañas antárticas en el futuro.

Con posterioridad a estos vuelos, la Fuerza Aérea emprendería la construcción de dos bases en la Antártica, la primera de ellas sería la Base Presidente Gabriel González Videla, inaugurada en 1951 y asentada en la costa del estrecho de Gerlache, Bahía Paraíso, península Antártica.

La segunda de éstas se trataría de la Base Presidente Pedro Aguirre Cerda inaugurada en febrero de 1955 en el marco de la novena campaña antártica de nuestro país y su ubicación es producto de los reconocimientos aéreos que se realizaron a partir del vuelo de Parodi en 1947, con los cuales se determinó su emplazamiento en el sector de Caleta Péndulo en la Isla Decepción. Ambas bases no poseían pistas de aterrizaje por lo cual cualquier intento de acceso a ellas por vía aérea estaba supeditado al empleo de aeronaves con capacidad anfibia.



Vought Sikorski SO2U3 Kingfisher N° 308

En este sentido, en 1952, con la intención de contar con un medio aéreo anfibio que tuviera las capacidades para apoyar activamente las actividades antárticas se adquirió una partida de ocho aeronaves de Havilland Canadá DHC-2 Beaver, material que tenía gran autonomía, resistencia y capacidad para operar en climas adversos, además de poseer características multipropósito que le permitían realizar operaciones de enlace, transporte, entrenamiento, ambulancia y rescate, y que por diseño de construcción podía ser equipado con flotadores. El DHC-2 tenía un motor radial Pratt and Whitney R-985-1 Wasp Junior de 465 HP, un alcance de 1.180 kilómetros, tren de aterrizaje de vía ancha y patín de cola, diseñado específicamente para cumplir con los requisitos operacionales de las extremas condiciones del norte de Canadá y Alaska. El Beaver, provisto de flotadores, fue empleado en las campañas antárticas desde 1953 a 1957, transportado hacia la zona en buque, se utilizó en misiones de reconocimiento y fotografía aérea en zonas sobre Bahía Soberanía e Isla Decepción, a partir de lo cual se hizo el levantamiento fotogramétrico del área.



DHC-2 Beaver de la FACH operando en la Antártica.

En el intertanto, el 28 de diciembre de 1955 se realizó un vuelo directo entre Punta Arenas y la Base Antártica Pedro Aguirre Cerda utilizando para ello el avión PBY 5 Catalina N° 406, bautizado “Skua”, al mando del Comandante de Escuadrilla Humberto Tenorio Iturra. El vuelo, cuya duración fue de 6 horas y 47 minutos, fue la primera demostración de la capacidad para operar en forma directa desde el continente hacia nuestro territorio Antártico y constituyó un hito histórico que fue ampliamente reconocido a nivel nacional. Este vuelo abrió la posibilidad de conectar directamente las bases antárticas por vía aérea durante el periodo estival lo que permitía, por ejemplo, realizar los relevos de personal o evacuaciones de emergencia en tanto hubiese buenas condiciones para la operación del material aéreo.

En mayo de 1957 se comisionó a personal chileno a las instalaciones de la Grumman en Estados Unidos. El propósito era trasladar en vuelo una bandada de 3 aeronaves de Grumman SA-16 A Albatros adquiridos para la Fuerza Aérea, los que vendrían a reemplazar al material PBY-5 Catalina que a la fecha ya llevaba casi 15 años de servicio en la Institución.

El material, debido a trabajos de mantenimiento al que debió ser sometido, finalmente arribó al país el día 22 de julio de 1958. El avión en cuestión tenía dos motores Wright R-1820 de 1.492 CV con un alcance de 4.587 kilómetros. Poco después, en 1961, las aeronaves fueron sometidas a un programa de modificación y modernización que les permitió alcanzar el estándar SA-16 B / ASW, lo que le otorgó un alcance de 5.575 kilómetros, además de un moderno equipamiento de navegación y ASW.

En 1963 se recibió un nuevo lote de 3 aeronaves en configuración SA-16 B / ASW, y en 1973 se sumó una nueva partida de otras 3 aeronaves Grumman Albatross HU-16B usados versión CSR-110.



El Grumman HU-16B/ASW No. 568, amarizando en la bahía de Quintero. Al fondo se puede ver la zona de Loncura. Fuente: FACH.

La capacidad anfibia y el alcance que poseía le permitía realizar vuelos de larga duración y especialmente apto para operaciones antárticas. Es así como en enero de 1963 se realiza un raid de soberanía y apoyo logístico a la Isla Decepción, en una travesía realizada en vuelo instrumental que permitió que las dos aeronaves que cumplían esta misión amarizaran de amanecida en la Bahía Foster de dicha isla. En febrero del mismo año, dos de estos aviones realizan el primer vuelo desde dicha isla a Santiago transportando entre sus pasajeros al Ministro de Defensa Nacional de la época, y en diciembre de ese año, dos aeronaves Grumman realizan el relevo de la Base Antártica Presidente Pedro Aguirre Cerda en un solo día.

En 1967 se establecería otro hito relevante en la ruta por conquistar la profundidad de nuestro Territorio Antártico. Una bandada de tres aeronaves Grumman SA 16 B ASW volaron hacia el polo sur alcanzando el paralelo 71° Sur. La agrupación estuvo al mando del Comandante de Grupo Edgardo Vera M. y la conformaban además, el Comandante Sergio Linares U. y los Capitanes Ramón Vergara U., Guillermo Palacios A. y Carlos Lamilla C. El vuelo, iniciado en Quintero y con escalas en Punta Arenas e Isla Decepción, alcanzó dicha latitud a las 16:00 horas del 17 de febrero. La misión consistía en realizar un reconocimiento desde la base Pedro Aguirre Cerda hacia el sur, con el fin de ubicar un lugar donde establecer una base aérea con pista de hielo, para en el futuro continuar las operaciones hacia el polo.

Con el pasar de los años, la antigüedad del material y la corrosión por fatiga devinieron en la baja definitiva de estos aviones en 1979. El retiro del servicio del material Grumman Albatross significó renunciar a la misión de patrullaje aeromarítimo y guerra ASW, con lo cual estas actividades quedaron radicadas orgánicamente en la Aviación Naval, lo que marcaría el fin del servicio de los hidroaviones y anfibios en la Fuerza Aérea de Chile.

No obstante, el retiro del material Grumman no significó el cese de las operaciones destinadas a alcanzar el Polo Sur, algo que se lograría por primera vez en 1984, ya que en 1980 se inauguró la pista del aeródromo Rodolfo Marsh en la Base Antártica Presidente Eduardo Frei Montalba, lo que marcaría un giro drástico en las posibilidades de penetración hacia la profundidad y hacia el polo.

La pista del Aeródromo Rodolfo Marsh y la Base Antártica Presidente Frei, sin lugar a duda, marcarían un antes y un después en las misiones antárticas de nuestro país. El primer impacto fue la prescindencia del material anfíbio para las operaciones en dicho territorio. Con el tiempo, la base se consolidaría como una puerta de entrada hacia dichos territorios permitiendo la instalación de múltiples bases en la zona y sería el punto de apoyo esencial que nos permitió alcanzar el polo sur. Además, garantizaría la conectividad permanente con Chile continental permitiendo, entre otras cosas, la instalación de Villa las Estrellas, impactando positivamente a las actividades científicas y a la conectividad de toda esa área.

IV.- Para finalizar

Este apretado recuento evidencia el hecho que la apertura de las rutas aéreas hacia Puerto Aysén, Magallanes y la Antártica fue posible, en gran medida, a través del empleo de botes voladores, hidroaviones y aeronaves anfíbias para las misiones de vuelo que permitieron abrir esas rutas, y por supuesto, de quienes conformaron sus tripulaciones. Estos hombres y sus máquinas escribieron páginas memorables de nuestra historia aeronáutica, sus acciones merecen ser recordadas en beneficio de las nuevas generaciones de aviadores y chilenos.

La inexistencia de pistas de aterrizaje hacia el extremo sur condicionaba las posibilidades de conexión aérea al empleo muchas veces de material anfíbio, el cual, en contraste, representaba poco más del 10% de la dotación de material aéreo de la naciente Fuerza Aérea Nacional de 1930. Las aeronaves anfíbias, muchas veces poseían las capacidades requeridas para este tipo de vuelo, podían volar largas distancias y tenían la posibilidad de amarizar en caso de fallas, problemas meteorológicos o ante la inexistencia de lugares aptos para un aterrizaje. Estas cualidades las hicieron especialmente aptas para abrir las rutas desde Puerto Montt al sur, como también, para iniciar la exploración y conquista del Territorio Antártico chileno, lo que devendría muchos años después en la conquista del Polo Sur.

La inexistencia de pistas en tierra y la lejanía de los lugares donde se deseaba llegar fueron las condicionantes del problema, los medios aéreos anfíbios fueron a su vez la solución. Las tripulaciones de estas aeronaves, a su vez, fueron los grandes héroes de estas hazañas. Qué duda cabe que estos vuelos demostraron la capacidad, valor y entrega de quienes hicieron posible abrir estas rutas aéreas hacia los confines de nuestra patria, como también la nobleza y calidad de las aeronaves que emplearon.

Bibliografía:

Boletín N° 11 Museo Nacional Aeronáutico y del Espacio.

<https://editorialmanutara.blogspot.com/2008/>

<https://ivansiminic.blogspot.com/2009/04/la-fan-y-la-apertura-de-la-ruta-aerea.html>

Historia de la Fuerza Aérea de Chile, Tomo III

Alas de Chile Aeronaves de la Fuerza Aérea de Chile 1913-2006, Andrés Pérez Cotapos y Francisco Poblete.



Artículo Nº 18 / 2025 ACUERDOS ARTEMISA

Por Álvaro Aguirre Warden, Director de Asuntos Espaciales.
15 de julio de 2025. 14 Min. de lectura.

INTRODUCCIÓN.

En el año 2020, Estados Unidos, liderado por la NASA y el Departamento de Estado estadounidense, y otras siete naciones signatarias iniciales establecieron los Acuerdos Artemisa (Artemis, en inglés), que identifican un conjunto de principios que promueven el uso beneficioso del espacio para la humanidad, con el objeto de guiar la exploración civil del espacio, especialmente en la Luna, Marte y otros cuerpos celestes, con fines pacíficos y sostenibles. El 25 de octubre de 2024, Chile firmó los Acuerdos Artemisa siendo el país número cuarenta y siete y el séptimo de América del Sur.



Estos acuerdos establecen un marco de cooperación internacional basado en principios diseñados para garantizar una exploración espacial segura, sostenible y pacífica, de los cuales se destacan los siguientes:

- Exploración pacífica del espacio: Todas las actividades deben tener fines pacíficos y respetar el derecho internacional.
- Transparencia: Los países firmantes deben compartir públicamente sus políticas y planes espaciales, fomentando la confianza entre socios.

- Interoperabilidad: Se promueve el uso de estándares técnicos comunes para facilitar la cooperación entre agencias y empresas espaciales.
- Asistencia en caso de emergencia: Compromiso para ayudar a astronautas de otras naciones en situaciones de peligro.
- Registro de objetos espaciales: Los países deben informar sobre los objetos que lanzan y dónde se encuentran, conforme al Tratado del Espacio de 1967.
- Divulgación de datos científicos: Se incentiva compartir los descubrimientos para beneficio de toda la humanidad.
- Protección del patrimonio espacial: Se busca preservar sitios históricos como los del programa Apolo en la Luna.
- Extracción de recursos responsable: Aunque no se reclama soberanía, se permite la recolección y el uso de recursos (como hielo lunar), siempre de forma sostenible y coordinada.
- Prevención de conflictos: Se promueve la solución pacífica de disputas y la notificación de actividades para evitar malentendidos.
- Eliminación de desechos espaciales: Se alienta a mitigar la contaminación del entorno espacial y mantenerlo usable para futuras generaciones.

Marco regulatorio del espacio y los Acuerdos Artemisa.

El marco regulatorio del espacio se refiere al conjunto de normas, tratados y principios que rigen las actividades humanas fuera de la Tierra, tanto a nivel internacional como nacional.

- Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre (1967): Prohíbe la apropiación nacional de cuerpos celestes y establece el uso pacífico del espacio.
- Acuerdo sobre el Salvamento de Astronautas (1968): Obliga a prestar asistencia a astronautas en peligro.
- Convenio sobre Responsabilidad (1972): Establece que los Estados son responsables por los daños causados por sus objetos espaciales.
- Convenio sobre el Registro (1976): Requiere registrar los objetos lanzados al espacio.
- Acuerdo sobre la Luna (1979): Busca regular el uso de los recursos lunares, aunque ha sido ratificado por pocos países.



Los Acuerdos Artemisa se basan en el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre y en los otros acuerdos, como el Convenio sobre registro, el Acuerdo sobre rescate y retorno, así como en las mejores prácticas y normas de comportamiento responsable que los Estados y Agencias han respaldado, incluida la divulgación pública de datos científicos.

Los Acuerdos son un compromiso voluntario para adoptar un comportamiento seguro, transparente y responsable en el espacio, y cualquier nación que quiera comprometerse con esos valores puede firmarlos.

Los Acuerdos Artemisa y el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre de 1967 (conocido como el Tratado del Espacio) comparten una base común, pero también presentan diferencias en su enfoque y alcance.

Similitudes.

- **Fundamento legal común:** Los Acuerdos Artemisa están explícitamente basados en el Tratado del Espacio, que establece principios como el uso pacífico del espacio, la no apropiación de cuerpos celestes y la cooperación internacional.
- **Compromiso con la paz y la cooperación:** Ambos promueven la exploración con fines pacíficos y el beneficio de toda la humanidad.

Diferencias.

- **Naturaleza jurídica:** El Tratado del Espacio es un tratado multilateral vinculante adoptado por la ONU, mientras que los Acuerdos Artemisa son acuerdos políticos no vinculantes entre países que desean participar en el programa Artemisa.

- Actualización tecnológica y operativa: El Tratado de 1967 fue redactado en una era previa a la exploración comercial del espacio. Los Acuerdos Artemisa abordan temas modernos como la interoperabilidad técnica, la extracción de recursos y la protección de sitios históricos en la Luna.
- Participación privada: Los Acuerdos reconocen explícitamente el rol de actores no estatales (como empresas privadas), algo que el Tratado original no contemplaba con claridad.
- Extracción de recursos: Aunque el Tratado prohíbe reclamar soberanía sobre cuerpos celestes, los Acuerdos permiten la utilización de recursos espaciales, siempre que se haga de forma responsable y sin reclamar propiedad sobre el terreno.

Los Acuerdos Artemisa no solo se inspiran en el Tratado del Espacio de 1967, sino que también reflejan principios con los otros tratados claves de la ONU.

Convenio sobre Responsabilidad Internacional (1972)

- Este tratado establece que un Estado es absolutamente responsable por los daños causados por sus objetos espaciales, ya sea en la Tierra o en el espacio.
- En los Acuerdos Artemisa, este principio se refuerza al exigir que los países firmantes asuman responsabilidad por sus actividades, incluso las realizadas por empresas privadas bajo su jurisdicción.

Acuerdo sobre el Salvamento de Astronautas (1968)

- Obliga a los Estados a prestar asistencia a astronautas en peligro y devolverlos a salvo.
- Los Acuerdos Artemisa adoptan este principio al comprometer a los firmantes a brindar ayuda mutua en emergencias espaciales, promoviendo la cooperación humanitaria más allá de las fronteras.

Convenio sobre el Registro de Objetos Espaciales (1976)

- Requiere que los Estados informen sobre los objetos que lanzan al espacio, incluyendo detalles técnicos y orbitales.
- Los Acuerdos Artemisa lo incorporan al exigir transparencia y el registro de actividades espaciales, lo que ayuda a evitar conflictos y fomenta la confianza internacional.

Chile en los Acuerdos Artemisa.



Chile tiene potencial para integrarse activamente en el ecosistema espacial global, y su adhesión a los Acuerdos Artemisa es solo el comienzo.

¿Qué puede aportar Chile?

- Ambientes extremos como laboratorios naturales: El Desierto de Atacama y la Antártica chilena son análogos terrestres ideales para probar tecnologías espaciales, estudiar extremófilos y simular condiciones lunares o marcianas.
- Experiencia en minería y geología: La experiencia chilena en exploración y extracción de recursos en condiciones difíciles es valiosa para futuras misiones que busquen utilizar recursos in situ en la Luna o Marte.
- Capacidades académicas y científicas: Universidades e institutos chilenos pueden colaborar en el desarrollo de sensores, materiales, inteligencia artificial y sistemas de soporte vital.
- Participación en misiones internacionales: Al ser parte de Artemisa, Chile puede contribuir con personal científico, tecnología o infraestructura a misiones tripuladas y no tripuladas.

¿Qué oportunidades se abren?

- Entrenamiento de astronautas y científicos: Chile podría convertirse en un centro de entrenamiento en ambientes extremos.
- Desarrollo de tecnología espacial nacional: Desde nanosatélites hasta instrumentos científicos, hay espacio para innovación local.

- Cooperación público-privada: Empresas chilenas pueden asociarse con agencias como la NASA o ESA para desarrollar soluciones conjuntas.

Chile ya está dando pasos firmes en el ámbito espacial, tanto desde el mundo académico como empresarial.

Universidades.

- Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC): A través del *Centro de Astro-Ingeniería UC (AIUC)*, impulsa proyectos como *Hovercal*, un sistema de calibración para telescopios que podría operar desde satélites. También apoya emprendimientos estudiantiles como *Octa Aerospace*, dedicada al desarrollo de microsátélites.
- Universidad de Concepción (UdeC): Promueve la formación de ingenieros aeroespaciales. Además, impulsa la descentralización tecnológica hacia el sur de Chile, con Concepción como polo de innovación.

Empresas e iniciativas.

- Octa Aerospace: Startup nacida en la PUC, enfocada en nanosatélites para educación y monitoreo ambiental.
- ENAER (Empresa Nacional de Aeronáutica de Chile): Aunque tradicionalmente ligada a la aviación, participa en proyectos como el *Pillán II* y colabora con el *Sistema Nacional Satelital (SNSat)*.

Proyectos emblemáticos.

- Sistema Nacional Espacial: Iniciativa del gobierno para fortalecer la soberanía espacial y generar capacidades locales en diseño, operación y análisis de datos satelitales.



A través de la explotación del espacio como un medio y un recurso en favor del desarrollo nacional, el Sistema Nacional Espacial busca posicionar al país como un Polo de Servicios y Desarrollo Científico-Tecnológico, convirtiéndolo en un actor relevante para la región en la reducción de la brecha digital y tecnológica.

Un acceso al espacio que permitirá el desarrollo de tecnologías, generación de conocimiento, promoción del talento y prestación de servicios espaciales que irán en directo beneficio al incremento de la calidad de vida y seguridad de las personas, mediante el desarrollo de estrategias de defensa y la toma de decisiones de políticas públicas.

Chile tiene un potencial enorme para liderar o co-liderar proyectos espaciales junto a otros países latinoamericanos como, por ejemplo:

- Misiones científicas en ambientes extremos.

Chile, podría colaborar en simulaciones de misiones lunares o marcianas en el Desierto de Atacama, la Puna de Atacama o la Antártica. Estos entornos son ideales para probar tecnologías de soporte vital, movilidad y hábitats espaciales.

- Observación de la Tierra desde el espacio.

Con satélites como el FASat-Charlie y los Eco1 y Eco2, Chile tiene experiencia en monitoreo ambiental. En alianza con Brasil (que tiene su propio programa satelital) y México, podrían crear una constelación regional para estudiar el cambio climático, la agricultura y la gestión de desastres naturales.

- Desarrollo de tecnología espacial.

Universidades chilenas como la PUC y la UdeC podrían trabajar con instituciones de Colombia o Argentina en el diseño de nanosatélites, sensores o sistemas de navegación para misiones lunares. Esto fomentaría la innovación y la formación de talento regional.

- Participación en misiones Artemis.

Chile podría contribuir con instrumentación científica, experimentos biológicos (por ejemplo, con extremófilos del Atacama), o incluso entrenar astronautas en ambientes análogos. La colaboración con países como México o Brasil facilitaría el acceso a infraestructura y experiencia compartida.

- Plataforma regional de cooperación espacial.

Inspirados por los Acuerdos Artemisa, los países latinoamericanos podrían crear un consorcio regional para coordinar esfuerzos, compartir datos y representar sus intereses en foros internacionales. Chile, con su liderazgo científico, podría ser un eje articulador.

Resumen.

Los tratados espaciales siguen siendo la base legal, pero están siendo reinterpretados y complementados por acuerdos bilaterales, licencias nacionales y nuevos marcos como los Acuerdo Artemisa. El espacio ya no es solo para gobiernos, ahora también es un terreno de innovación empresarial.

En la actualidad los tratados espaciales se enfrentan al desafío de adaptarse a un entorno donde las empresas privadas tienen un rol cada vez más protagónico. Lo que ha implicado una nueva forma de cómo se han estado aplicando estos marcos legales en la era de las misiones comerciales:

Aunque los tratados como el de 1967 fueron pensados para Estados, estos siguen siendo responsables por las actividades espaciales de sus empresas. Es decir, si alguna empresa privada lanza un cohete, el responsable legal ante la comunidad internacional es el Estado de la cual empresa tiene su registro. Esto se basa en el principio de “responsabilidad estatal” del Tratado del Espacio y el Convenio de Responsabilidad de 1972.

Nuevos desafíos legales.

Empresas como SpaceX, Blue Origin y Virgin Galactic han impulsado debates sobre:

- Extracción de recursos: ¿Puede una empresa “poseer” lo que extrae en la Luna o un asteroide? Los Acuerdos Artemisa lo permiten bajo ciertas condiciones, pero no todos los países están de acuerdo.
- Turismo espacial: ¿Qué derechos tienen los turistas espaciales? ¿Qué pasa si ocurre un accidente? Aún no hay un marco legal claro y uniforme.
- Desechos espaciales: Las misiones comerciales también deben cumplir con normas de mitigación de basura orbital, pero no siempre hay mecanismos de fiscalización efectivos.

Los Acuerdos Artemisa no reemplazan al Tratado del Espacio, sino que lo complementan y actualizan para los desafíos del siglo XXI. Funcionan como una actualización operativa de estos tratados clásicos, adaptándolos a una nueva era donde participan tanto gobiernos como empresas privadas.

Los Acuerdos Artemisa funcionan como una especie de “manual de buenas prácticas” que traduce los principios del derecho espacial en acciones concretas para la exploración lunar y más allá.

[Artemis Accords - NASA](#)
[Translated-Versions-of-the-Accords.pdf](#)

Artículo N° 19 / 2025

EL ARTE DEL ENGAÑO EN LA GUERRA AÉREA: CASOS QUE MARCARON LA HISTORIA



Por Ángel Rojo – Brigadier de la Fuerza Aérea Argentina en situación de retiro. Con una sólida formación aeronáutica y una trayectoria destacada en la Fuerza Aérea, su experiencia abarca múltiples facetas de la aviación militar, docencia y gestión estratégica.

17 de julio de 2025. 16 Min. de lectura.

Esta publicación, proveniente de la revista argentina Pucará/Defensa, ha sido autorizada por el Autor.

Hay muchas definiciones para el engaño. Según la Real Academia Española es la “falta de verdad en lo que se dice, hace, cree, piensa o discurre”. En cuanto a la acción es *“inducir a alguien a tener por cierto lo que no lo es, valiéndose de palabras o de obras aparentes y fingidas”*. Las historias sobre el engaño se remontan a los primeros poemas épicos de la guerra, en el que un gran caballo de madera entregado a los troyanos como trofeo de victoria permitió a los soldados griegos escondidos dentro entrar en la ciudad. Donald Daniel y Katherine Herbig en su libro “Strategic Military Deception” describen el engaño militar como la tergiversación deliberada de la realidad hecha para obtener ventaja competitiva.

Por su lado, la doctrina de la OTAN describe el engaño militar como medidas deliberadas para inducir a error a los responsables de la toma de decisiones de una manera ventajosa para los objetivos del comandante.

Mientras, la doctrina rusa y china también hace hincapié en el engaño. Las actividades de engaño ruso famosamente encapsuladas en el concepto de *Maskirovka*, término ruso que significa disfraz o camuflaje, pero que tiene un significado más grande. El tema central de *Maskirovkas* es la presentación de una falsedad creíble para ocultar la verdad. Por su lado, las raíces del engaño en la doctrina china se remontan a las ideas y escritos de Sun Tzu.

El acto de engañar deliberadamente al enemigo tiene una larga historia y un valor duradero en la guerra. Sin embargo, las nuevas tecnologías y los conflictos en curso están remodelando la forma en que se planifican y llevan a cabo el engaño militar.

En cuanto a la guerra aérea, la velocidad y la tecnología son importantes, pero la capacidad para manipular la percepción del enemigo a través del engaño ha demostrado ser un factor decisivo.

Desde maniobras estratégicas que confunden la inteligencia hasta señuelos tácticos que provocan emboscadas, el engaño se ha utilizado para cambiar el rumbo de batallas y guerras. Este artículo analiza cinco ejemplos históricos destacados, mostrando cómo distintas formas de engaño - visual, electrónico y doctrinal - han influido en el resultado de conflictos aéreos.

1. La Guerra de Yom Kippur (1973): Engaño estratégico y percepción errónea

El 6 de octubre de 1973, Egipto y Siria lanzaron un ataque sorpresa contra Israel en lo que se conoce como la Guerra de Yom Kippur. Durante meses previos, Egipto realizó movimientos militares rutinarios que fueron interpretados erróneamente por la inteligencia israelí como ejercicios normales. Esta repetición intencionada creó una falsa sensación de seguridad en Tel Aviv, que no anticipó el estallido de hostilidades.



Las fuerzas egipcias y sirias desplegaron tropas y equipos en posiciones que parecían inofensivas pero que, en realidad, estaban preparadas para el ataque. La percepción errónea generada por esta normalización del despliegue fue el núcleo del engaño estratégico, que permitió a Egipto y Siria lograr la sorpresa inicial.

Israel mantenía una doctrina de disuasión basada en la rapidez de movilización y la superioridad aérea. Sin embargo, el éxito del engaño árabe reveló una vulnerabilidad crítica: la dependencia excesiva de patrones predecibles y de supuestos sobre el comportamiento enemigo. Este error de percepción se agravó por un sesgo cognitivo conocido como "la concepción", una creencia profundamente arraigada en que Egipto no atacaría sin contar con capacidades aéreas ofensivas más avanzadas. Esta creencia errónea contribuyó a la inacción de la inteligencia israelí incluso cuando se acumularon indicios claros del ataque inminente.

El caso demuestra cómo el engaño estratégico no requiere ocultamiento total, sino manipulación eficaz de las expectativas del adversario. Al explotar rutinas reconocidas y reforzar interpretaciones convenientes, los planificadores egipcios y sirios lograron una de las sorpresas tácticas más efectivas del siglo XX.

Las operaciones aéreas en la Guerra de Yom Kippur: desarrollo y resultado

Las operaciones aéreas durante la Guerra de Yom Kippur fueron una pieza central del conflicto, tanto por su impacto directo en el campo de batalla como por las lecciones que dejaron para el futuro del poder aéreo. El conflicto, que estalló el 6 de octubre de 1973 con un ataque sorpresa de Egipto y Siria contra Israel, puso a prueba los límites de la superioridad aérea israelí en un entorno densamente defendido.

En las primeras horas de la guerra, la Fuerza Aérea Israelí (FAI) se vio sorprendida. El ataque tuvo lugar durante Yom Kippur, el día más sagrado del calendario judío, y muchas unidades se encontraban en estado de mínima alerta.

A pesar de ello, la ofensiva inicial incluyó a más de 200 aviones egipcios participando en un ataque aéreo de apertura. En uno de los primeros enfrentamientos cerca de la Base Aérea de la FAI en Sharm el-Sheikh, en el extremo sur de la Península del Sinaí, dos F-4E Phantom II israelíes habrían atacado a una gran formación 20 MiG-17F de la Fuerza Aérea egipcia y sus ocho escoltas MiG-21MF en su camino para atacar las posiciones israelíes en la zona. Al final de la breve batalla de seis minutos, se confirmó que siete MiG fueron derribados según cuenta la versión israelí. Los MiG restantes se retiraron y los Phantoms israelíes regresaron a su base.

Egipto y Siria, por su parte, habían preparado meticulosamente sus ofensivas, desplegando no solo fuerzas terrestres sino también una densa red de defensa aérea compuesta por misiles superficie-aire (SAM) como los SA-2, SA-3 y SA-6, así como cañones antiaéreos móviles como los ZSU-23-4. Estas defensas estaban integradas en un sistema que limitaba severamente la libertad de maniobra de la aviación israelí.



SA-2



SA-3



SA-6

En los primeros días del conflicto, la FAI sufrió pérdidas importantes al intentar apoyar a las fuerzas terrestres sin haber neutralizado previamente las defensas antiaéreas enemigas. Especialmente en el frente sur, sobre el Canal de Suez, los cazabombarderos israelíes fueron derribados en cantidad por la cortina de fuego egipcia.

Esta situación contrastaba con la experiencia de guerras anteriores, en las que Israel había dominado rápidamente el espacio aéreo.

A pesar del revés inicial, la respuesta israelí fue rápida. En el frente norte, sobre los Altos del Golán, la aviación logró frenar el avance sirio mediante ataques concentrados sobre sus formaciones blindadas. En el sur, sin embargo, el avance egipcio logró consolidarse al abrigo de su paraguas antiaéreo, lo que obligó a Israel a adaptar su doctrina. Las tácticas aéreas evolucionaron: se intensificaron los vuelos a baja altitud, se introdujeron operaciones nocturnas y se emplearon misiones de guerra electrónica para detectar y suprimir las baterías SAM.

Con el correr de los días y una vez estabilizado el frente, la FAI recuperó la iniciativa. Comenzó a realizar ataques estratégicos de largo alcance, especialmente contra infraestructuras sirias, incluidos objetivos cerca de Damasco. Simultáneamente, el puente aéreo organizado por Estados Unidos - la Operación Nickel Grass - permitió a Israel reabastecerse rápidamente de aviones, misiles aire-aire y bombas de precisión, compensando sus pérdidas iniciales.

Hacia la segunda mitad de octubre, la Fuerza Aérea Israelí había restablecido la superioridad aérea en ambos frentes. Esto permitió apoyar eficazmente la contraofensiva terrestre, cruzar el Canal de Suez y cercar al Tercer Ejército egipcio, así como repeler los últimos intentos sirios de avanzar en el norte.

Resultado y lecciones aprendidas

Al finalizar la guerra, Israel había logrado recuperar el control aéreo, pero a un costo elevado. Se estima que la FAI perdió entre 102 y 114 aeronaves, una cifra significativa para una fuerza con recursos limitados. Más allá del resultado militar, la guerra tuvo un profundo impacto doctrinal.

El mito de la invulnerabilidad aérea había sido desmantelado. La guerra demostró que una fuerza aérea, por avanzada que sea, no puede operar con libertad si no se suprimen primero las defensas antiaéreas enemigas. Además, dejó en evidencia la necesidad de integrar estrechamente el poder aéreo con la inteligencia, las fuerzas terrestres y las capacidades electrónicas.

A partir de esta experiencia, Israel -y otras potencias- replantearon su doctrina aérea. Nacieron conceptos como SEAD (Suppression of Enemy Air Defenses) y se invirtió en capacidades de guerra electrónica, aviones especializados y misiles de precisión. La coordinación inter fuerzas se volvió indispensable, y el rol de la aviación pasó de actuar en solitario a ser parte de un sistema de combate conjunto.

2. Supresión de defensas aéreas en 1973: Engaño táctico y camuflaje

Durante la Guerra de Yom Kippur, uno de los mayores retos que enfrentó la Fuerza Aérea Israelí no fue solo la sorpresa del ataque coordinado por Egipto y Siria, sino la densidad, sofisticación y astucia del sistema de defensa aérea egipcio. A lo largo del frente del Canal de Suez, Egipto había levantado lo que se conocería como la “muralla SAM”, una estructura escalonada de defensa antiaérea que convirtió el espacio aéreo en una trampa mortal.

Este escudo aéreo no era simplemente una acumulación de baterías de misiles tierra-aire: era un sistema profundamente integrado, diseñado con inteligencia táctica y basado en principios de camuflaje, movilidad y engaño pasivo.

Las principales armas del sistema eran los misiles soviéticos SA-2, SA-3 y SA-6 - cada uno con un alcance y altitud distintos- combinados con cañones antiaéreos como el ZSU-23-4 y MANPADS como el SA-7, creando capas superpuestas de fuego. Esta intercalación aseguraba que cualquier aeronave que descendiera para evitar un tipo de misil quedara expuesta a otro tipo de amenaza más cercana.

La innovación egipcia residió no solo en la cantidad de medios desplegados, sino en su empleo táctico. Las baterías SAM estaban ocultas en posiciones camufladas, algunas móviles y otras fijas, lo que confundía tanto a la inteligencia israelí como a sus pilotos. Las unidades antiaéreas se reubicaban periódicamente, y muchas lanzaderas permanecían en silencio - sin emitir señales de radar - hasta el momento de atacar, dificultando aún más su localización. Era una forma de guerra pasiva, paciente, pero letal.

Frente a este entramado, la FAI se encontró en desventaja. A diferencia de guerras futuras, en 1973 Israel aún no contaba con capacidades avanzadas de guerra electrónica ni con aviones especializados en SEAD (Supresión de Defensas Aéreas Enemigas). Sus pilotos, formados en tácticas de combate abiertas y ofensivas, se enfrentaron a un entorno en el que la invisibilidad del enemigo y la imprevisibilidad del terreno cambiaron las reglas del juego.

Los intentos iniciales de neutralizar estas defensas resultaron costosos. Las incursiones a gran altitud fueron rápidamente detectadas y repelidas por los SA-2 y SA-3; los vuelos a baja cota, teóricamente más seguros, exponían a los aviones a los cañones automáticos y a los MANPADS, ocultos en zonas urbanas o entre unidades terrestres. Los egipcios, asesorados por oficiales soviéticos, habían creado un sistema que no solo derribaba aviones, sino que anulaba la libertad de maniobra del adversario.

Este modelo de engaño táctico - basado en el uso inteligente del terreno, en posiciones falsas y en el camuflaje - demostró ser tan eficaz como un sistema tecnológico avanzado. En los primeros días del conflicto, la aviación israelí no logró penetrar con éxito esta muralla defensiva, lo que impidió un apoyo aéreo decisivo a sus fuerzas terrestres, sobre todo en el sur.

Una lección estratégica silenciosa

Lo que en apariencia era una defensa convencional resultó ser un ejemplo moderno de guerra de negación del espacio aéreo. Sin necesidad de igualar tecnológicamente a su adversario, Egipto logró imponer restricciones operativas a la aviación israelí gracias a una combinación de camuflaje, movilidad y engaño táctico. Fue una lección silenciosa pero poderosa: en la guerra moderna, ver no siempre es atacar, y atacar no siempre es destruir.

La supresión de defensas aéreas ya no podía basarse solo en bombardear coordenadas fijas. A partir de Yom Kippur, quedó claro que era necesario desarrollar inteligencia táctica en tiempo real, capacidades electrónicas para detección y supresión de radar, y una doctrina de combate profundamente integrada. Lo que se aprendió, a sangre y fuego, en los cielos del Sinaí sería la base sobre la que años más tarde se edificarían doctrinas como el SEAD y el DEAD (Destruction of Enemy Air Defenses), pilares de la aviación moderna.

3. Operación Bolo (Vietnam, 1967): Señuelo táctico magistral

En plena Guerra de Vietnam, la Fuerza Aérea de Estados Unidos enfrentaba una amenaza persistente en el cielo del norte vietnamita: los veloces y ágiles cazas MiG-21.

Estas aeronaves, operadas con gran habilidad por pilotos norvietnamitas, rara vez entraban en combate directo con los cazas estadounidenses. Su estrategia era selectiva y astuta: atacaban únicamente cuando identificaban a los F-105 Thunderchief, bombarderos tácticos pesados y menos maniobrables, normalmente desprovistos de escolta. Con rápidos ataques sorpresa y retirada inmediata, los MiG lograban infligir pérdidas sin asumir grandes riesgos.



MiG-21



F-105

Frente a esta amenaza asimétrica, el coronel Robin Olds - veterano de la Segunda Guerra Mundial y comandante de la 8ª Ala de Cazas Tácticos - concibió una maniobra audaz e innovadora: engañar al enemigo para forzarlo a salir de su zona de confort y exponerlo a una emboscada aérea. Así nació la Operación Bolo, ejecutada el 2 de enero de 1967.

La clave del plan era simple en concepto, pero brillante en ejecución: hacer que los cazas F-4 Phantom II simularan ser F-105. Esto implicaba replicar exactamente el patrón de vuelo, el perfil radar, las rutas de ingreso, las frecuencias de radio y hasta los códigos de llamada usados por los bombarderos. Incluso se adaptaron los equipos electrónicos para emitir las mismas firmas que los F-105, engañando tanto a los radares enemigos como a los controladores de vuelo norvietnamitas.

Aquel día, los F-4 despegaron como si fueran una típica misión de bombardeo. El clima era marginal, con nubes bajas que ocultaban parcialmente el movimiento aéreo, lo que favorecía el engaño. Como estaba previsto, los MiG-21 despegaron para interceptar a lo que creían era otra misión rutinaria contra objetivos estratégicos. Pero esta vez, en lugar de aviones pesados y vulnerables, se encontraron con cazas plenamente armados, volando en formación táctica, listos para el combate.



La emboscada fue ejecutada con precisión quirúrgica. En cuestión de minutos, los F-4 derribaron seis MiG-21 sin sufrir una sola baja, una de las mayores victorias aéreas estadounidenses en la guerra hasta ese momento. La sorpresa fue total. Los controladores vietnamitas tardaron en reaccionar y, cuando intentaron retirar a los MiG restantes, ya era demasiado tarde.

Bolo quedó en la historia como una operación ejemplar de camuflaje táctico y señuelo aéreo, una lección que perdura en la doctrina de combate actual. Fue uno de los primeros casos en que la guerra aérea se libró tanto en el espacio físico como en el espectro de señales. Su legado influyó directamente en el desarrollo de estrategias de supresión y engaño electrónico, utilizadas más tarde en conflictos como la Guerra del Golfo o Kosovo.

4. Guerra del Golfo (1991): Guerra electrónica y señuelos

La Guerra del Golfo, y en particular la Operación Tormenta del Desierto, marcó un hito en la historia militar por la manera en que la tecnología y la innovación táctica redefinieron la guerra aérea. La coalición liderada por Estados Unidos enfrentó un desafío formidable: neutralizar las densas y sofisticadas defensas aéreas iraquíes, herederas de la doctrina soviética y reforzadas durante años con radares, misiles tierra-aire y sistemas antiaéreos de última generación para la época.



Frente a esta amenaza, la estrategia de la coalición fue una combinación sin precedentes de guerra electrónica avanzada y el uso masivo de señuelos físicos, un esfuerzo coordinado para desorientar y destruir la red enemiga sin exponerse a pérdidas innecesarias.

Antes de que los cazas y bombarderos penetraran el espacio aéreo iraquí, se desplegaron una serie de dispositivos diseñados para simular ataques reales. Entre estos, los drones y misiles modificados jugaron un papel clave. Estos vehículos no tripulados, muchas veces pequeños y de bajo costo, imitaban las firmas radar, las trayectorias y los patrones de vuelo de aviones tripulados, engañando a los sistemas antiaéreos iraquíes y provocando la activación prematura de sus defensas. Así, las baterías de misiles y radares eran obligadas a revelar sus posiciones y consumían munición valiosa persiguiendo falsos objetivos.

Simultáneamente, las unidades de guerra electrónica de la coalición emitían interferencias controladas y pulsos de ruido sobre las frecuencias de radar y las comunicaciones enemigas. Estas acciones dificultaban la coordinación iraquí, bloqueaban sus canales de mando y control, y reducían la eficacia de sus sensores. Con este enfoque, la coalición pudo paralizar en tiempo real la red de defensa aérea, dejando al enemigo ciego y descoordinado.

El ataque SEAD (Suppression of Enemy Air Defenses) comenzó con los señuelos y drones, diseñados para atraer el fuego enemigo. Una vez que las baterías antiaéreas se activaban y localizaban, llegaban las unidades especializadas - incluidos aviones F-4G Wild Weasel y F-16 - equipados con misiles antirradiación AGM-88 HARM, capaces de destruir los radares emisores con alta precisión.

A medida que la campaña avanzaba, la combinación de interferencia electrónica y el despliegue de señuelos se intensificaron, desintegrando poco a poco la capacidad defensiva iraquí. Los operadores de las baterías, confundidos y sin saber si enfrentaban ataques reales o simulados, sufrían una constante presión que minaba su moral y su eficiencia. En cuestión de días, la red de defensa aérea de Irak colapsó casi por completo, allanando el camino para la libertad de acción aérea de la coalición.

La guerra electrónica y el uso táctico de señuelos en la Guerra del Golfo supusieron una revolución en la forma de afrontar las defensas aéreas. Se confirmó que la superioridad aérea no solo se gana con misiles más rápidos o aviones más ágiles, sino también con el control del espectro electromagnético y la capacidad de engañar y desorientar al enemigo.

Además, la Operación Tormenta del Desierto mostró la eficacia de la integración interarmas y multidominio: drones, aviones tripulados, guerra electrónica y misiles antirradiación actuaron en sincronía para neutralizar un sistema complejo sin necesidad de ataques masivos directos.

Desde entonces, esta combinación se ha convertido en un estándar en las operaciones aéreas modernas, inspirando desarrollos posteriores en guerra electrónica, drones kamikaze y sistemas de señuelos avanzados que siguen evolucionando en conflictos actuales.

5. Guerra de Kosovo (1999): Engaño visual y electrónico

La campaña aérea de la OTAN contra Serbia en 1999 representó uno de los conflictos más sofisticados en cuanto a la aplicación de tecnología y tácticas de guerra electrónica y engaño visual en la historia moderna. Frente a la abrumadora superioridad tecnológica y numérica de las fuerzas aliadas, las fuerzas yugoslavas recurrieron a métodos ingeniosos para proteger sus sistemas de defensa aérea y prolongar la resistencia ante los ataques.

Los yugoslavos desplegaron una red compleja de señuelos y réplicas de armamento. Con recursos limitados, construyeron falsos lanzadores de misiles, cañones antiaéreos simulados y emisores radar falsos que imitaban el funcionamiento de sus sistemas reales. Estos señuelos, hechos a menudo con materiales simples pero efectivos, estaban estratégicamente distribuidos para atraer el fuego enemigo y desviar ataques de los objetivos verdaderos.

Estas tácticas de engaño se desplegaron en áreas clave, especialmente alrededor de las principales ciudades y bases aéreas estratégicas. En varios puntos críticos, estas falsificaciones lograron engañar a la inteligencia y a los sistemas de reconocimiento de la OTAN, provocando que los ataques fueran dirigidos contra blancos falsos o que las baterías reales fueran defendidas con éxito debido a la dispersión y confusión.

Uno de los episodios más significativos fue el derribo del avión furtivo F-117 Nighthawk, una nave considerada prácticamente invulnerable debido a su tecnología *stealth*. Este suceso evidenció que, a pesar de la avanzada tecnología de sigilo, el enemigo podía explotar vulnerabilidades mediante tácticas de engaño electrónico y visual, en combinación con un sistema integrado de defensa aérea.



Frente a este desafío, la OTAN respondió con una combinación de guerra electrónica avanzada y tácticas flexibles de operación aérea. Se incrementaron las emisiones de interferencia sobre frecuencias clave para desactivar o confundir los emisores radar falsos. Además, se modificaron las rutas de vuelo y los perfiles de ataque para evitar los puntos sospechosos y reducir la exposición a las defensas antiaéreas reales.

Esta dinámica generó un ciclo continuo de acción y reacción: por cada nuevo tipo de señuelo o técnica de engaño que introducían las fuerzas yugoslavas, la coalición desarrollaba contramedidas electrónicas o tácticas que a su vez eran contrarrestadas por nuevas adaptaciones enemigas. Este juego de gato y ratón evidenció la naturaleza evolutiva de la guerra moderna, donde el engaño y la contrainteligencia juegan roles centrales en la supervivencia y la eficacia operativa.

La Guerra de Kosovo subrayó que la superioridad tecnológica no garantiza la invulnerabilidad absoluta. El uso inteligente de tácticas de engaño visual y electrónico puede nivelar el campo de batalla, obligando a las fuerzas dominantes a invertir en capacidades de detección avanzada, guerra electrónica y flexibilidad operativa.

Este conflicto sirvió como una importante lección para las fuerzas aéreas modernas, mostrando que el éxito en el dominio aéreo depende no solo de la tecnología, sino también de la capacidad de anticipar y neutralizar las estrategias de engaño del adversario, en un entorno donde la innovación táctica es constante y la adaptación, obligatoria.

Tabla comparativa: Tipos de engaño en conflictos aéreos clave

Conflicto	Engaño Visual	Engaño Electrónico	Engaño Doctrinal/Táctico	Resultado/impacto
Yom Kippur 1973	Movimientos repetidos	Limitado	Falsa percepción estratégica	Sorpresa inicial a Israel
SEAD 1973	Posiciones falsas SAM	Bajo nivel de guerra electrónica	Uso de sistemas móviles	Alta resistencia egipcia, muchas pérdidas
Operación Bolo 1967	Disfraz de perfil radar	Imitación de comunicaciones	Emboscada táctica organizada	6 MiG derribados, victoria decisiva
Guerra del Golfo 1991	Señuelos físicos (drones)	Perturbación radar y comunicaciones	Ataques simulados múltiples	Colapso defensivo iraquí
Kosovo 1999	Réplicas de armas, señuelos	Emisión controlada de radares	Manipulación de rutas y tácticas	Derribo del F-117, tácticas mejoradas

Otros ejemplos - Escuadrón Fénix en Malvinas

Durante la Guerra de Malvinas en 1982, la Fuerza Aérea Argentina empleó diversas tácticas de engaño para confundir y desgastar las defensas británicas. Una de las más destacadas fue la creación del Escuadrón Fénix, integrado por aeronaves civiles y militares de transporte, cuyos perfiles de vuelo, en términos de velocidad, altitud y firma radar, eran similares a los de los cazas argentinos.

Estas aeronaves realizaban vuelos en rutas y perfiles de navegación que imitaban los de las escuadrillas de combate, simulando aproximaciones reales. Al acercarse a una cierta distancia de las posiciones británicas, los aviones del Escuadrón Fénix se retiraban y regresaban al continente, generando señales engañosas que inducían a los británicos a creer que se avecinaba un ataque aéreo y ocultando la verdadera ruta de aproximación de los cazas. Esta estrategia buscaba saturar los sistemas de alerta temprana y defensa aérea del enemigo, obligando a mantener un estado de alerta permanente y provocando un desgaste operativo significativo.

Aviones Lear Jet simulando una formación escalonada (foto izquierda) y realizando reabastecimiento en vuelo (foto derecha)



Táctica de "Shadowing" o "Piggybacking"

Una anécdota ilustrativa de este tipo de tácticas proviene de un ejercicio operacional realizado por la Fuerza Aérea Argentina en la década de 1990. En dicho ejercicio se enfrentaron dos fuerzas simuladas: una operando desde la Base Aérea de El Plumerillo y la otra desde Villa Reynolds. El objetivo era practicar operaciones ofensivas y defensivas en un entorno realista.

Durante una de las misiones, una escuadrilla de cuatro IA-58 Pucará despegó desde Villa Reynolds para llevar a cabo una incursión simulada sobre El Plumerillo. Con el fin de engañar a los radares, las aeronaves adoptaron una formación cerrada y volaron a una velocidad de aproximadamente 220 nudos, imitando el perfil de vuelo de un Fokker F-27, una aeronave de transporte habitual en la Fuerza Aérea.



Este engaño funcionó: los operadores de radar interpretaron el eco como el de un avión de transporte, sin detectar la amenaza real.

En el momento preestablecido, la escuadrilla rompió la formación en secciones, descendió a vuelo rasante para evadir la cobertura radar y adoptó rumbos divergentes, ocultando así su verdadera dirección y objetivos de ataque.

El concepto de esta táctica es que los cazas vuelen extremadamente cerca por debajo o lateralmente de un avión de transporte o comercial para confundirse con su firma radar o bien, imitar su perfil de vuelo (velocidad, altitud, rumbo).

El objetivo es evitar ser identificado como amenaza por los radares enemigos, haciéndose pasar por una aeronave no hostil.

Esta táctica también fue contemplada por la OTAN durante la Guerra Fría donde algunos planes de ataque incluían el uso de rutas aéreas civiles o incluso "enmascaramiento" de vuelos por aviones comerciales para ocultar el acercamiento de cazas a territorio del Pacto de Varsovia. Sin embargo, nunca se confirmó la ejecución real de este tipo de misión con escoltas volando pegados a aviones comerciales.

En el conflicto Irán-Irak (1980-88) se sospecha que algunas misiones de infiltración iraníes utilizaron perfiles civiles o rutas comerciales para acercarse a objetivos iraquíes. Si bien no está documentado el uso de cazas ocultos en aviones de transporte, sí se usaron tácticas de engaño similares.

También existe el rumor de que, durante la Guerra del Golfo en 1991, cazas iraquíes intentaron esconderse cerca de vuelos civiles para evitar ser detectados o interceptados, pero tampoco hay evidencia sólida de su implementación.

Consideraciones finales

Los casos presentados demuestran que el engaño es un componente esencial de la guerra aérea moderna. Más allá de la tecnología y la potencia de fuego, dominar la percepción del enemigo y manipular sus expectativas puede inclinar la balanza de un conflicto.

El engaño puede adoptar formas visuales, electrónicas o doctrinales, y a menudo combina varias en una estrategia integral. Así, el cielo no solo es un campo de batalla físico, sino también psicológico, donde la astucia y la creatividad son armas decisivas.

Artículo Nº 20/2025

MODELO CONCEPTUAL PARA EL EMPLEO DE SISTEMAS DE ARMAS AUTÓNOMOS AÉREOS



Por Comandante de Grupo (A) Don Juan Pablo Benavente Nitsche. Oficial de la Fuerza Aérea de Chile. Oficial de Estado Mayor. Piloto de Combate. Piloto de F-16. Magíster en Inteligencia Artificial en la Universidad Adolfo Ibáñez.

30 de julio de 2025. 10 Min. de lectura.

“Hoy en día, las formas de hacer la guerra están cambiando rápidamente. El crecimiento tecnológico exponencial está acelerando esta tendencia. Mantenerse al día con los métodos de guerra cambiantes requiere enfoque y estudio” (Antal, 2022, p. 2)²³

I.- INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Armas Autónomos (SAA) y la Inteligencia Artificial (IA) están cambiando los métodos y formas de hacer la guerra. Propuestas internacionales y las experiencias de los conflictos en Libia, Nagorno Karabaj y Rusia-Ucrania han develado estas nuevas formas de empleo y beneficios asociados a la autonomía de estos sistemas. Sin embargo, internacionalmente existen cuestionamientos sobre *los principios que aseguren su uso responsable*. Por lo que el aprovechamiento de los beneficios de su empleo muchas veces se contrapone en la balanza con la determinación del alcance y nivel de control humano requerido para asegurar el cumplimiento del Derecho Internacional Humanitario (DIH), en especial para el uso de Sistemas de Armas Autónomos Letales (SAAL), los que ya son parte del arsenal mundial y regional.

El exponencial desarrollo de la Inteligencia Artificial (IA) en los últimos años ha acelerado y masificado la producción de sistemas aéreos, terrestres y marítimos capaces de funcionar de manera autónoma; esto significa que, una vez activados pueden operar sin mayor intervención humana (DoD (USA), 2023).

Este crecimiento de tecnologías emergentes y el auge de la IA en aplicaciones militares ya está transformando los métodos de hacer la guerra, ya sea en el campo de batalla mediante el uso armas autónomas, como también en los centros de mando y control mediante sistemas de soporte con IA, agilizando el ciclo de toma de decisiones (Antal, 2022).

²³ Cita de John Antal en “7 Seconds to Die: A Military Analysis of The Second Nagorno-Karabakh War and The Future of Warfighting”.

En el caso específico de las armas autónomas, algunas de las funciones en las que ya están siendo empleadas es en; transporte logístico; inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR); y ataques letales o no letales (Chakoar, 2022). Desde la perspectiva del empleo desde el aire, los Sistemas de Armas Autónomos Aéreos (SAA-A) han demostrado y validado sus capacidades en guerras modernas, como Libia en 2020 (ONU CS, 2021), Nagorno Karabaj en 2020 (Postma, 2021), y en la actual guerra entre Rusia y Ucrania, desde 2022 (Watts & Bode, 2023).



Imagen conceptual munición merodeadora

(<https://www.twz.com/air/army-just-signed-1b-deal-for-massive-order-of-switchblade-kamikaze-drones>)

Uno de los tipos de Sistemas de Armas Autónomos que operan en el dominio aéreo y que mayormente han sido usado en estas guerras son las denominadas *municiones merodeadoras* o *drones kamikaze*, las que a juicio del experto internacional en sistemas autónomos Paul Scharre (2018) son un ejemplo de SAA-A. Estos sistemas son capaces de sobrevolar un área específica por largos periodos en busca de blancos potenciales, hasta detectar y atacar de forma autónoma o con mínima intervención del operador, demostrando capacidades letales contra tropas, vehículos, sistemas de defensa antiaérea, unidades de superficie navales e infraestructuras.

Por otro lado, en relación con estas capacidades letales, a nivel internacional existe preocupación sobre los dilemas éticos y legales que genera el uso de la IA en los SAA. Algunas de estas preocupaciones, de acuerdo al Comité Internacional de la Cruz Roja (CICR, 2021), tienen relación con la tendencia a deshumanizar la toma de decisiones sobre la vida y muerte, la disipación de la responsabilidad de la cadena de mando y la transgresión a los principios del Derecho Internacional Humanitario (DIH).

Por esta razón, se han creado diversos grupos internacionales que buscan generar acuerdos sobre su regulación o prohibición. Uno de los primeros y más representativos es el Grupo de Expertos Sobre las Tecnologías Emergentes en el Ámbito de los Sistemas de Armas Autónomos Letales (en sus siglas en inglés GGE LAWS) (UN, 2023), creado en 2016 en las Naciones Unidas.

Por su parte el Grupo REAIM (Responsible AI in the Military Domain), creado en 2023, es uno de los más recientes, en donde Chile ha tenido una importante participación como organizador del único taller regional en Latinoamérica durante 2024.



Logo de Grupo REAIM y sesión del GGE LAWS

Esta nueva variable en el campo de las operaciones militares ha irrumpido con fuerza, generando sorpresa y desarrollándose de manera vertiginosa en los últimos años, sorprendiendo a los teóricos del arte militar y también a las Fuerzas Armadas, muchas de ellas están hoy retrasadas en la incorporación de esta nueva realidad en su estrategia y en sus doctrinas.

En este sentido, es necesario elaborar un modelo conceptual que permita comprender los factores que orientarán el empleo de estos ingenios en la doctrina de empleo de las fuerzas y que además sirvan como guía para aportar a los procesos de regulación que se deben abordar en el futuro y que permita no solo entregar una mirada hacia los beneficios de su operación, sino también a los principios que posibiliten asegurar el empleo ético, legal y responsable de éstos.

El modelo conceptual elaborado en este estudio consideró las propuestas y experiencias internacionales sobre las formas y beneficios del empleo de los SAA, vinculadas con las operaciones aéreas que se definen regularmente para el poder aéreo. Además, estableció la relación entre los principios de uso ético y responsable de la IA, con los Principios Guía del Grupo de Expertos de las Naciones Unidas sobre SAA, identificando además los principios del Poder Aéreo que mayormente se ven fortalecidos con su integración. Finalmente, se consideró las fortalezas y debilidades de las propuestas internacionales sobre la regulación de los SAA, “Control Humano Directo” y “Control Humano Significativo”, estableciendo un conjunto de consideraciones que permiten ampliar la comprensión sobre estas dos propuestas.

II.- DEFINIENDO EL PROBLEMA

La capacidad de adaptarse a los cambios y anticipar las amenazas es esencial para la supervivencia de las especies. Tal como lo expusiera Darwin en su libro «*El origen de las especies*» (Darwin, C.R, 2002), no son las especies más fuertes las que perduran en la evolución, sino aquellas que poseen la mayor capacidad de adaptación.

Es por esto que capitalizar las innovaciones de la industria de defensa en beneficio de la Seguridad Nacional, adoptando nuevas capacidades, tomando la iniciativa o disminuyendo la brecha con otros Estados u organizaciones que puedan tener intereses contrapuestos con

nuestro país, representa un principio que debe ser permanentemente visualizado y fomentado.

El poder aéreo, flexible por naturaleza y tecnológico por esencia, ha tenido cada vez mayor protagonismo en los conflictos modernos, exponiendo nuevos métodos y medios en el campo de batalla, donde la tecnología se ha convertido en un catalizador para su permanente y acelerada evolución. Hoy, una nueva evolución del poder aéreo se avecina en el horizonte, las tecnologías emergentes, como la Inteligencia Artificial y los Sistemas de Armas Autónomos, presentan nuevos desafíos que ponen en jaque aspectos éticos, legales y operacionales. Esto nos obliga a actuar con flexibilidad y agilidad para comprender y explotar en beneficio propio estos nuevos medios y métodos de hacer la guerra, pero, además, anticipar y contrarrestar la amenaza naciente de estas nuevas tecnologías disruptivas.

Estas profundas y rápidas innovaciones tecnológicas aplicadas a las operaciones pueden producir cambios en las tácticas y los códigos de actuación de los combatientes y operadores. De la capacidad de asimilar eficaz y éticamente estas innovaciones en todos los escalones de mando, y de cómo esta interactúe con operadores, comandantes y la organización en general, dependerá la eficacia del empleo táctico de las capacidades militares (MDNa, 2023).

En este escenario, las posturas que se adopten en cuanto a la prohibición, regulación o adopción de principios de empleo ético y responsable de los SAA, tendrán una directa relación con el ámbito operacional. Algunas de estas regulaciones serán necesarias para asegurar el empleo responsable, pero también podrían tener repercusiones en la posibilidad de explotar al máximo los beneficios asociados al empleo de todas las capacidades que poseen estos sistemas.

En este sentido, es interesante teorizar sobre estas tecnologías que emplean el dominio aéreo aportando así con conocimientos y posturas que le permitan aportar a procesos de evaluación, regulación o integración de SAA-A, complementando desde la perspectiva del Poder Aéreoespacial y la Seguridad Nacional, su visión sobre estas nuevas tecnologías que revolucionarán los futuros conflictos.

La falta de una base de conocimientos amplio sobre el empleo de estos sistemas se plantea como un problema actual y relevante. En lo particular en el cómo se podrían emplear estos sistemas como complemento a las operaciones aéreas, qué beneficios podría aportar al cumplimiento de la misión asignadas a una componente aérea, cuáles serían los principios a considerar para el uso responsable que permita asegurar un empleo ético y legal, y finalmente cómo se podrían abordar las principales propuestas de regulación internacional.

III.- UN MODELO CONCEPTUAL PARA EMPLEO DE LOS SISTEMAS DE ARMAS AUTÓNOMOS AÉREOS (SAA-A)

Para lograr un entendimiento común entenderemos los SAA-A como los “Sistemas de Armas Autónomos diseñado para operar en el ámbito aéreo, los que una vez activados usan su conocimiento programado o aprendido y su percepción del entorno para **planificar cursos de acción, tomar decisiones y ejecutar acciones**, en función de lograr un objetivo asignado, **sin depender de la supervisión y control humano**, aunque estos aún puedan estar presentes mediante comunicación bidireccional” (Elaboración propia).

El modelo conceptual que se propone considera, en primer lugar, la descripción del empleo en relación con operación aéreas, indicando además ejemplos de los SAA-A cuyo empleo ha sido observado en guerra o sistemas que se encuentran en desarrollo. En segundo lugar, define un listado de beneficios asociados al empleo de los SAA-A, indicando además tres Principios de la Guerra y tres Principios de ISR que mayormente se ven fortalecidos por el empleo de los SAA-A. En tercer lugar, considera un listado de Principios de IA Responsable (RAI). Finalmente, incluye un listado de consideraciones relacionadas con los modelos de Control Humano Directo y Control Humano Significativos.

A.-EMPLEO DE LOS SAA-A EN OPERACIONES AÉREAS

A continuación, se describen las operaciones de aéreas en las que, con el conocimiento que se tiene a la fecha, se estima que se han o podrían emplear los SAA-A, considerando el ámbito del Poder Aéreo:

Operaciones Contra Fuerza Aérea Ofensiva

En este ámbito, los SAA-A pueden ser empleados en misiones de Supresión de Defensa Antiaérea (SEAD), en cuyo caso existen evidencias del uso de municiones merodeadoras para la eliminación de sistemas de defensa antiaérea en las guerras de Libia, Nagorno Karabaj y Rusia Ucrania, en las cuales se han utilizado sistemas del tipo Harpy, Harop y Lancet-3.

Sumándose en misiones SEAD, pero además en barridos de caza o escolta, los proyectos como el F-16 Vista, XQ-58 Valkyrie o el MQ Ghost Bat, formarían parte de bandadas híbridas entre aviones autónomos y tripulados, bajo el concepto de Aeronaves de Combate Colaborativo.

En complemento a lo anterior, el empleo en tácticas de enjambre permitiría incrementar la eficiencia y reducir el riesgo para el empleo de esta gama de misiones.

Operaciones Contra Fuerza Aérea Defensiva

En estas operaciones se puede considerar el futuro empleo de SAA-A del tipo aviones de combate colaborativo en misiones aire-aire defensivas, ya sea en patrullas aéreas de combate, como también en misiones de interceptación de reacción rápida. Esta capacidad se encuentra en desarrollo en proyectos como el F-16 Vista, XQ-58 Valkyrie o el MQ Ghost Bat.

En estas operaciones también se puede considerar el empleo de SAA-A del tipo SUAS²⁴ como interceptadores de drones o municiones merodeadoras adversarias, capacidad que actualmente se encontraría ya en desarrollo, en proyectos como el DroneHunter F700. Es interesante señalar que este tipo de empleo es clasificado por EE. UU, dentro del concepto C-UAS y por Australia como C-RAS²⁵.

²⁴ SUAS: Small Unmanned Aerial System

²⁵ RAS: Robotic and Autonomous System

Operaciones Aéreas Contra Fuerzas de Superficie

El empleo de SAA-A del tipo Municiones Merodeadoras en Operaciones Contra Fuerzas Terrestres es quizás una de las más conocidas y documentadas, ya que esta forma de empleo ha sido observada en la guerra de Libia, Nagorno Karabaj y Rusia-Ucrania, en las que se habrían empleado sistemas Kargu-2, Skystriker y Warmate, entre otros.



Skystriker from Elbit System

(<https://www.elbitsystems.com/autonomous/aerial/loitering-munition-systems/skystriker>)

También, se debe considerar el empleo de SAA-A del tipo municiones merodeadoras en operaciones contra fuerzas marítimas, tal como se ha evidenciado en la guerra Rusia-Ucrania en que se habrían utilizado sistemas rusos Lancet-3M para atacar objetivos navales ucranianos.

En ambos tipos de operaciones además se debe considerar el posible empleo de tácticas de enjambre de SAA-A destinados a saturar los medios de defensa, incrementar la eficiencia y reducir el riesgo.

Por último, se debe considerar el posible empleo de los SAA-A contra las capacidades de Sistemas Autónomos y Robóticos (RAS) y contra las capacidades de inteligencia, vigilancia, reconocimiento y selección de blancos (ISRT) del adversario. Este tipo de empleo no ha sido aún observado en combate, sin embargo, es destacable que estos conceptos ya han sido considerados en la doctrina de las Fuerzas de Defensa de Australia (ADF) como operaciones Contra RAS (C-RAS) y Contra ISRT (C-ISRT).

Operaciones Aéreas de Apoyo al Combate

Una de las formas en que se ha evidenciado el empleo de los SAA-A en operaciones aéreas de apoyo al combate es la realización de actividades de ISR y targeting dinámico, lo que ha sido observado en la guerra de Nagorno Karabaj y Rusia-Ucrania, particularmente mediante el empleo de los sistemas Skystriker y Drone 40.

También, dentro de este tipo de operaciones se puede considerar el empleo de los SAA-A para el transporte logístico, capacidad que actualmente se encuentra en desarrollo, en proyectos como el sistema aéreo no tripulado de reabastecimiento táctico TRV-150C.

De igual forma, se debe considerar el posible empleo de SAA-A bajo la modalidad de aviones de combate colaborativos o UAS autónomos para explotación del espectro electromagnético, como inteligencia de señales, relay de comunicaciones y data, Medidas de apoyo electrónico, ataque y protección electrónica y ciberataques, capacidad que se encontraría actualmente en desarrollo. Asimismo, los SAA-A están llegando al área de reabastecimiento en vuelo de combustible, por ejemplo, tenemos al dron MQ-25 T1 Stingray de Boeing que realizó su primer reabastecimiento autónomo de un avión de combate F/A 18 Super Hornet en junio de 2021.

Operaciones Aéreas Estratégicas

En el ámbito de las operaciones aéreas estratégicas este tipo de ingenios también tienen cabida. Es así como se ha observado el empleo de municiones merodeadoras para ataque a infraestructura crítica en la guerra Rusia-Ucrania en la que se han empleado sistemas como Shahed-136 y Geran-2 para atacar este tipo de blancos. Sumado a los anterior, S-UAS han sido capaces de atacar en la profundidad de territorio ruso, donde los sistemas de negación de acceso de área (A2/AD) no permiten que el poder aéreo convencional logre accionar. También, en este tipo de operaciones se debe considerar el posible empleo de SAA-A en modalidad de enjambre contra blancos estratégicos, con énfasis a contrarrestar una estrategia A2/AD. Esta capacidad se encontraría ya en desarrollo, en proyectos como tácticas ofensivas habilitadas por enjambre OFFSET. Por último, se debe considerar el potencial empleo de SAA-A del tipo aviones de combate colaborativos contra blancos estratégicos. Capacidad que se encuentra en desarrollo en proyectos tales como el XQ-58 Valkyrie o el MQ Ghost Bat.

Operaciones Aéreas Integradas

El empleo de múltiples SAA-A como parte de equipos Humano Máquina en operaciones aéreas Integradas o COMAO considerarán los conceptos de Aviones de Combate Colaborativos o también conocidos como Loyal Wingman. La flexibilidad y bajo costo permitirá explotar el principio de “Masa Costeable” (Affordable Mass). Esta capacidad ya se encuentra en desarrollo en proyectos tales como el XQ-58 Valkyrie o el MQ Ghost Bat.



Imagen conceptual CCA de General Atomic

(<https://www.airandspaceforces.com/article/collaborative-combat-aircraft-for-disruptive-air-warfare/>)

De igual forma, se estima que el empleo de SAA-A en modalidad de enjambre será la evolución de las Operaciones Aérea Integradas. En estas formas de empleo los sistemas autónomos operarán con el ser humano fuera del Loop de decisión, lo que requerirá de nuevos métodos para asegurar el cumplimiento de la misión dentro de las restricciones impuestas al enjambre. Esta capacidad se encontraría en desarrollo, en proyectos como tácticas ofensivas habilitadas por enjambre OFFSET.

Operaciones Terrestres de Combate

En el ámbito de este tipo de operaciones se pueden señalar el empleo de los SAA-A del tipo S-UAS autónomos o municiones merodeadoras con fuerzas especiales e infantería de aviación, en operaciones de comandos o de protección de las fuerzas, complementando capacidades de ISR o como arma. Su empleo fue observado en la guerra de Nagorno Karabaj y Rusia-Ucrania con los sistemas Skystriker y Drone 40.

De igual forma, es posible considerar el empleo de los SAA-A del tipo S-UAS autónomos o municiones merodeadoras en tácticas de enjambre como parte de un Sistema Integrado de Defensa Aérea, participando en operaciones de defensa antiaérea. Este empleo aún no ha sido observado en combate.

B.- BENEFICIOS DEL EMPLEO DE SISTEMAS DE ARMAS AUTÓNOMOS AÉREOS

"La guerra es una cuestión de velocidad: velocidad en la toma de decisiones, en la acción y en la coordinación, y la velocidad gana guerras. La velocidad es el arma más poderosa en la guerra. Acelerar el Kill Chain ²⁶ es la esencia de la guerra moderna."(Antal, 2022, p. 1)

Los principales beneficios que derivan del empleo de los SAA-A, como también, los tres Principios de la Guerra y tres Principios de ISR que mayormente se verán fortalecidos por el empleo de los SAA-A, son los que se detallan a continuación.

Rapidez en la toma de decisiones

Los SAA-A permitirán procesar, explotar y diseminar información a velocidades superiores a las humanas. Esta capacidad, integrada con otros sistemas podrá acelerar el proceso de toma de decisiones por parte de los operadores o comandantes, o bien permitir la automatización del ciclo OODA²⁷. Esto podría traducirse en un aumento en el ritmo operativo a velocidad de máquina y una superioridad en la toma de decisiones logrando controlar el tempo de las operaciones (accionar más que reaccionar).

Soporte al ISTAR autónomo

La autonomía de los SAA-A acelerará las funciones de ISTAR (Inteligencia, Vigilancia, Identificación de Objetivos y Reconocimiento), mejorando la conciencia al recopilar, procesar y priorizar información de redes de sensores avanzados, transformando los

²⁶ *Kill Chain* o cadena de eliminación: Proceso que comprende desde el encontrar un blanco hasta atacarlo.

²⁷ OODA: Observar, Orientar, Decidir y Actuar.

datos en conocimiento para comandantes y operadores, entregando valor al ciclo de toma de decisiones.

Por otro lado, la flexibilidad de cargas, la capacidad de operar en enjambre, su reducido costo, su diversidad de tamaños, su autonomía y la integración con otros sistemas terrestres o marítimos, extenderán la eficiencia del sistema de ISR a nivel conjunto en operaciones multidominio.

Targeting Dinámico Autónomo

Las funciones autónomas de identificación, seguimiento, selección, ataque y evaluación de blancos permitirán acelerar el ciclo de targeting dinámico. En este sentido los SAA-A contribuirán operando de manera unitaria o como parte de un enjambre, en cada una de las etapas del proceso de encontrar, localizar, traquear, designar, atacar y evaluar. Finalmente, considerando la operación en modo completamente autónomo, los SAA-A serían capaces de ejecutar el Targeting Dinámico de forma autónoma.



Skystriker y Targeting Dinámico autónomo

(<https://www.elbitsystems.com/autonomous/aerial/loitering-munition-systems/skystriker>)

Precisión

Los SAA-A permitirán una mayor precisión en la aplicación de efectos, logrando con esto un empleo de la fuerza de una manera más efectiva y discriminada.

Economía de los medios

Los sistemas no tripulados pueden incurrir en menores costos, tanto en términos de producción como de operación. Los sistemas tripulados requieren características como sistemas de soporte vital, alojamiento para la tripulación o instalaciones médicas. Los sistemas no tripulados eliminan la necesidad de estas características, lo que resulta en un diseño más simple y menos costoso.

De igual manera, la capacidad de que un operador controle múltiples SAA-A permitirá reducir la cantidad de operadores necesarios, disminuyendo el gasto de entrenamiento y hora hombre.

Reducción del riesgo al personal

Los SAA-A podrán ser empleados en tareas repetitivas, complejas y peligrosas, reemplazando al ser humano, reduciendo así el riesgo de bajas entre las fuerzas propias y disminuyendo además otros efectos como la fatiga o el estrés producido por las operaciones. Además alejaría a operadores del frente, reduciendo el riesgo de ataques adversarios. Esto podría traducirse en fuerzas más resiliente al combate.

Mayor accesibilidad

Como los SAA-A pueden ser más pequeños y ligeros, pueden acceder a ubicaciones a las que no logran acceder los sistemas tripulados, permitiendo operar además en zonas donde no se logre establecer comunicaciones con el operador, como por ejemplo dentro de túneles, áreas denegadas por interferencia de comunicaciones o GPS y zonas altamente congestionadas, como las urbanas.

Mayor Flexibilidad

Los SAA-A serán reconfigurables rápidamente, intercambiando hardware modular y/o descargando nuevos softwares que actualice capacidades. Los SAA-A incrementarán capacidades mediante una flexibilidad de misiones (capacidad de adaptarse a cambios de misión), flexibilidad con los pares (capacidad de proyectar el empleo conjunto en equipos de humano-máquina o máquina-máquina) y la flexibilidad cognitiva (capacidad de aprender nuevos métodos para el cumplimiento de las misiones).

Mejora de capacidades humanas

Los sistemas militares autónomos pueden permitir reducir el número de operadores, al mismo tiempo que aumentan su eficiencia. La autonomía permitirá multiplicar las capacidades del operador tradicional de una plataforma, por una gestión de múltiples SAA-A bajo un controlador o supervisor. Por otro lado, esto mejorará la conciencia situacional, reducirá la carga física y cognitiva de los operadores, facilitará la maniobra en el campo de batalla y extenderá la permanencia y supervivencia de los medios. Reemplazar a los soldados con sistemas prescindibles en el frente, será especialmente valioso para llevar a cabo operaciones de combate futuras en entornos subterráneos y urbanos.

Posibilidad de empleo en masa

Los SAA-A permitirán un aumento del empleo en masa de medios, de bajo costo, con una precisión nunca vista, proporcionando más opciones para generar una concentración ventajosa de poder de combate, dispersar la fuerza o crear engaño. Este empleo en masa se lograría mediante el desarrollo y uso de un gran número de plataformas relativamente económicas, las que, en conjunto con otras plataformas, permitirán el empleo más eficiente de las fuerzas. De esta forma, un gran número de drones pequeños, económicos y fáciles de fabricar, capaces de exhibir comportamientos de enjambre, aumentará la masa y permitirá incrementar el nivel aceptable de atrición, potenciando el principio de “masa costeable” (Affordable Mass).

Negación de área

Los SAA-A podrán ser empleados para negar a los adversarios el acceso o el paso a través de una determinada zona. Las tácticas de enjambre lograrán un efecto multiplicador y multidominio de este beneficio, complementando las estrategias A2/AD.

Reducción de daño colateral

Múltiples capacidades previstas para los SAA-A están asociadas a la reducción del daño colateral. La automatización del procesamiento y análisis de datos permitirá la identificación, traqueo, selección, ataque y evaluaciones, incrementando las capacidades de los sistemas para atacar blancos militares y combatientes, distinguiendo de manera autónoma a no combatientes, o blancos no legítimos que no hayan sido aprobados previamente en procesos de targeting deliberado o que ya estén neutralizados. En complemento con esto, mecanismos autónomos de autodestrucción, desactivación o neutralización, sumado a mayores capacidades de predicción de efectos letales, reducirán el riesgo de daños no intencionados a civiles o a infraestructura civil. Por otro lado, la autonomía de los SAA-A, no se vería degradada por factores humanos como el estrés, fatiga, cansancio o motivaciones negativas como la venganza, disminuyendo con esto el Daño Colateral, resguardando además el cumplimiento del DIH. Además, considerando su bajo costo relativo y que la destrucción de un SAA-A no traerá inmediatamente la muerte de un operador, se podrán establecer limitaciones a respuestas defensivas inmediatas, lo que reducirá daños colaterales, sobre todo en ambientes densamente poblados.

Fortalece la aplicación de los principios de la guerra

Todos los principios de la guerra, se ven fortalecidos por el empleo de los SAA-A. Los principios mayormente fortalecidos son los de Objetivo, Ofensiva y Sorpresa.

Fortalece la aplicación de los principios de ISR

Todos los principios asociados a ISR se ven fortalecidos por el empleo de los SAA-A. Los principios mayormente fortalecidos son los de Objetivo, Persistencia sobre el Objetivo y Oportunidad de la Información.

C.- PRINCIPIOS DE IA RESPONSABLE PARA EMPLEO DE LOS SAA-A

La historia de la innovación tecnológica muestra que la innovación en sí misma no es lo que importa, sino cómo y por qué se utiliza. En su esencia, la preocupación principal es cómo incorporamos nuestros valores fundamentales en cada paso del desarrollo y despliegue de los sistemas. (GGE on LAWS Chile & México, 2022, p. 5)

Los principios de IA responsable (RAI por sus siglas en inglés) son principios generales que orientan el empleo ético y legal de las aplicaciones habilitadas por IA en el ámbito militar. A continuación, se describen los Principios de IA responsable específicos para el empleo de los SAA-A.

Legalidad

Los SSA-A se desarrollarán y utilizarán de acuerdo con las leyes y regulaciones nacionales, leyes internacionales, incluyendo el Derecho Internacional Humanitario (DIH) y los Derechos Humanos, según sea aplicable.

Responsabilidad y Rendición de Cuentas

El personal relevante como desarrolladores, operadores y tomadores de decisión ejercerán niveles apropiados de juicio y cuidado. Se aplicará una responsabilidad humana clara para asegurar la rendición de cuentas, durante el desarrollo, despliegue y uso de los SAA-A.

Gobernabilidad

Los SAA-A se desarrollarán y utilizarán de acuerdo con sus funciones previstas y su control se ejecutará mediante una interacción humano-máquina adecuada. Permitiendo la capacidad de detectar y evitar consecuencias no deseadas, y la capacidad de desenganchar o desactivar sistemas desplegados que demuestren comportamiento no deseados.

Transparencia y explicabilidad

Se deberá garantizar la transparencia y la capacidad de rastrear y entender las decisiones de los SAA-A, como también el factor humano en el proceso de consentimiento. Se fomentará la explicabilidad de los SAA-A, la comprensión adecuada del personal relevante y la trazabilidad de metodologías, fuentes de datos y documentación.

Confiabilidad y seguridad

Los SAA-A necesitan ser confiables para los usuarios y operadores, para los comandantes y el personal de apoyo, para militares, gobierno y la población civil de una nación. Los SAA-A tendrán casos de uso explícitos y bien definidos, resguardarán la seguridad operacional, seguridad militar y ciber seguridad. Para lo cual se implementarán procesos de certificación y de gestión de riesgo.

Mitigación de Sesgos

Se tomarán medidas proactivas para minimizar cualquier sesgo no intencionado en el desarrollo y uso de los SAA-A, considerando además aquellos que pudieran estar en el conjunto de datos de entrenamiento.

Gobernanza

Establecer una estructura de gobernanza disciplinada, con procesos que permitan una efectiva supervisión y la mantención de la responsabilidad por sobre los SAA-A. Considerando su efectividad, integración y resiliencia, como también el factor humano en el ámbito de acción del sistema.

No Antropomorfizar

Los SAA-A no presentarán formas o cualidades humanas, que induzcan a una sobre confianza o falsa percepción de humanidad, que pueda provocar la disipación del

sentido de responsabilidad y rendición de cuenta, o la deshumanización en la toma de decisiones sobre el empleo ético y legal del sistema.



Imagen Conceptual SUAS antropomórfico (ChatGPT 4o)

D.- CONSIDERACIONES PARA MODELOS DE CONTROL HUMANO DE LOS SAA-A

A continuación, se describen las consideraciones para los usos de modelos de control de empleo de los SAA-A que han sido levantados por el grupo REIM y el GGE LAWS. Se presenta una breve descripción y las consideraciones para el modelo de Control Humano Directo y el Control Humano Significativo. Cabe destacar que las consideraciones utilizadas se basan principalmente en acciones en relación con las debilidades encontradas para cada modelo y otras de desarrollo del investigador.

Control Humano Directo

En este modo de empleo de SAA-A el operador debe mantener el control durante las funciones críticas para la aplicación de la fuerza letal en contra de personas, como por ejemplo la identificación positiva y el ataque.

Esta modalidad considera la prohibición del empleo letal completamente autónomo sobre humanos. Las consideraciones más relevantes relacionadas con esta modalidad son:



Mosaico Imagen Aviones Combate Colaborativo (CCA), munición merodeadora y operador de SUAS. Refleja el Control Humano Directo.

- Requiere de un enlace de comunicaciones bidireccional y data entre el operador y el SAA-A, con un ancho de banda apropiado y la latencia requerida para ejercer el control en tiempo real. Este enlace de comunicaciones permanentes entre el operador y el SAA-A presentan la vulnerabilidad de ser detectadas, interferidas o manipuladas por la acción adversaria. Esto aumentará el riesgo al operador y el SAA-A.
- Permite una mayor aplicación de los Principios de IA responsable en el empleo de los SAA-A, pero en contraposición limita aquellos beneficios asociados al empleo completamente autónomo de los SAA-A.
- Condiciona el empleo de múltiples SAA-A por parte de un único operador a la capacidad de éste para controlar la ejecución de las funciones críticas de cada sistema.
- Las operaciones en entornos disputados, congestionados, complejos o sin comunicaciones, como túneles o zonas altamente pobladas, afectarán la capacidad de mantener las comunicaciones y data con el ancho de banda y latencia adecuada para mantener un control en tiempo real de los SAA-A.
- Requiere mantener una supervisión por sobre los operadores de SAA-A para detectar sobre confianza, que conlleve a complacencia en el control del empleo, ya que esto induciría a un modo de empleo completamente autónomo del SAA-A producto de negligencia del operador.
- Se deberán considerar los factores humanos en el proceso de toma de decisiones, en relación con las degradaciones cognitivas producto del estrés o la fatiga o por motivaciones negativas. De igual forma la interfaz hombre-máquina de los SAA-A deben cumplir con estándares de explicabilidad que le permitan al operador mejorar su capacidad de toma de decisiones en el control del empleo letal.
- Se debe considerar que este modo es recomendable cuando no se puede obtener información de inteligencia actualizada y precisa en relación con el contexto de la misión, el entorno de la operación, evaluación del daño colateral o características específicas del SAA-A.

Control Humano Significativo

En esta modalidad de empleo los SAA-A operan en forma completamente autónoma en todas sus funciones críticas. Mediante una serie de normas, restricciones y características (sistema-situación-blanco), le permitirían al operador o al comandante, ejercer un juicio razonable sobre la confiabilidad del empleo letal autónomo de los SAA-A. Esta propuesta de regulación del empleo letal completamente autónomo propone restricciones y condiciones para el uso letal contra personas, sin prohibirlo.



Mosaico Imagen de concepto de empleo autónomo de SAA-A. Refleja el Control Humano Significativo.

Las consideraciones más relevantes relacionadas con esta modalidad son:

- Permite obtener mayores beneficios en el empleo de los SAA-A. al posibilitar su trabajo completamente autónomo, en contraposición se debe considerar que limitaría la aplicación de los principios de IA responsable para el empleo de los SAA-A.
- El uso del modo completamente autónomo para funciones asociadas al empleo letal, como identificación y ataque, se limitará en áreas preestablecidas, con tiempos acotados de uso y sobre un set de blancos limitado, aprobado y controlado. Cuando no se tenga un juicio razonable sobre la confiabilidad del empleo completamente autónomo, se deberá emplear con el operador en el Loop.
- Los comandantes dispondrán reglas de enfrentamiento para el empleo de sistemas autónomos, que le permitan a los tomadores de decisión de niveles inferiores y operadores establecer los juicios razonables para la decisión de empleo de los SAA-A en modos completamente autónomos.
- Las reglas de enfrentamiento aprobadas previamente para el empleo en modo completamente autónomo, establecerán las condiciones y casos de uso explícitos que deberán utilizar el comandante u operador, antes del empleo letal de los SAA-A.
- Se deberá planificar los puntos estimados de pérdida de comunicaciones para una activación anticipada de las restricciones asociadas al empleo completamente autónomo.
- El empleo de los SAA-A deberá considerar un proceso formal, trazable y transparente de gestión de riesgos.
- En caso de que las capacidades de mantener las comunicaciones y data con el ancho de banda y latencia sean adecuadas, se mantendrá un operador en el *loop* del empleo, claramente identificable con la función de detectar y evitar enfrentamientos o acciones no intencionados, o fallas en el SAA-A.

- Los procesos de instrucción, entrenamiento y certificaciones de operadores y comandantes, que tengan relación la toma de decisiones sobre el empleo de SAA-A en modo de Control Humano Significativo, deberán fortalecer y medir las capacidades de comprensibilidad y predictibilidad que ejercerán durante las operaciones.
- El interfaz humano máquina de los SAA-A deberá cumplir con estándares de explicabilidad que le permitan al operador mejorar su capacidad de toma de decisiones en la activación del modo completamente autónomo.
- Se deberá mantener una supervisión sobre los operadores de SAA-A para detectar sobre confianza que conlleve a complacencia en la evaluación de requerimientos para la activación de los sistemas completamente autónomos.
- Se deberán tomar acciones para evitar la deshumanización en los procesos de toma de decisiones asociadas al empleo letal de los SAA-A en modo completamente autónomo. Especial atención se deberá tener sobre los SAA-A que presenten una interacción que simule características humanas y que puedan generar una sobre confianza o falsa sensación de humanidad.

E.- DIAGRAMA GRÁFICO DEL MODELO CONCEPTUAL

A continuación, se presenta el diagrama gráfico del modelo conceptual para el empleo de los Sistemas de Armas Autónomos Aéreos. Este diagrama se compone de un resumen de los cuatro componentes descritos previamente y se incluye además la definición de SAA-A.



DIAGRAMA GRÁFICO DEL MODELO CONCEPTUAL (ELABORACIÓN PROPIA)

IV.- CONCLUSIÓN

El modelo Conceptual desarrollado permite establecer las bases para futuros análisis y representa un trabajo inicial en la formación de una base de conocimiento que permita generar mayor comprensión sobre los factores que deben ser considerados cuando se evalúe este tipo de sistemas. El desarrollo de la investigación permitió evaluar una serie de principios asociados al empleo ético, legal y responsable de la Inteligencia Artificial, donde se pudo determinar un conjunto de Principios de IA responsable en el Ámbito Militar. Los cuales, finalmente fueron desarrollados en base a su aplicabilidad en los SAA-A para elaborar la propuesta específica en esta área.

Sin embargo, es necesario considerar que el impacto de estas tecnologías cambiará también los paradigmas asociados con las funciones de mando y control y a las de planificaciones de operaciones ofensivas y defensivas.

Considerando los antecedentes planteados, parece evidente que es necesario considerar este tipo de sistemas como parte de la estructura de la fuerza de una componente aérea, lo que implica su utilización en las operaciones aéreas y la necesaria adecuación de las doctrinas existentes. Los SAA-A ya están presente en los conflictos que hoy en día se están librando. Ignorar o retrasar su incorporación puede constituir una vulnerabilidad a explotar por posibles adversario, implicado un alto costo para la seguridad nacional.

IV.- BIBLIOGRAFÍA

Antal, J. (2022). *7 Seconds to Die: A Military Analysis of the Second Nagorno-Karabakh War and the Future of Warfighting*.

Chakoar, S. (2022). *Artificial Intelligence (AI) for Weapons Systems – DSIAC*. <https://dsiac.org/state-of-the-art-reports/artificial-intelligence-ai-for-weapons-systems/>

CICR. (2021, July 20). *Posición del CICR sobre los sistemas de armas autónomos* [Artículo]. Comité Internacional de la Cruz Roja. <https://www.icrc.org/es/document/posicion-del-cicr-sobre-los-sistemas-de-armas-autonomos>

Darwin, C.R. (2002). *Darwin, C. R. 1859. On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life. Chapter XIV [1st edition]*. <https://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=F373&pageseq=1&viewtype=text>

DoD (USA). (2023). *DOD Directive 3000.09 Autonomy in Weapon System*. <https://www.esd.whs.mil/portals/54/documents/dd/issuances/dodd/300009p.pdf>

GGE on LAWS Chile & México. (2022). *Working Paper N°5 “Elements for a Legally Binding Instrument to Address the Challenges Posed by Autonomy in Weapon Systems.”* [https://docs-library.unoda.org/Convention_on_Certain_Conventional_Weapons_-_Group_of_Governmental_Experts_\(2022\)/CCW-GGE.1-2022-WP.5.pdf](https://docs-library.unoda.org/Convention_on_Certain_Conventional_Weapons_-_Group_of_Governmental_Experts_(2022)/CCW-GGE.1-2022-WP.5.pdf)

MDNa. (2023). *DNC 00 2023 Doctrina para la acción Conjunta de las FF.AA.*

ONU CS. (2021). *Informe final del Grupo de Expertos sobre Libia establecido en virtud de la resolución 1973 (2011) del Consejo de Seguridad*. <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N21/037/75/PDF/N2103775.pdf?OpenElement>

Postma, J. (2021). *Drones over Nagorno-Karabakh: A glimpse at the future of war? Atlantisch*

Perspectief, 45(2), 15–20.

Scharre, P. (2018). *Army of none: Autonomous weapons and the future of war* (First edition). W. W. Norton & Company.

UN. (2023). *Background on LAWS in the CCW – UNODA*. <https://disarmament.unoda.org/the-convention-on-certain-conventional-weapons/background-on-laws-in-the-ccw/>

Watts, T. F. A., & Bode, I. (2023). *Loitering Munitions and Unpredictability*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.7860762>

[WWW.CEEA.CL/DOCUMENTOS/ARTICULOS/A24 Reabastecimiento aereo.pdf](http://WWW.CEEA.CL/DOCUMENTOS/ARTICULOS/A24_Reabastecimiento_aereo.pdf)

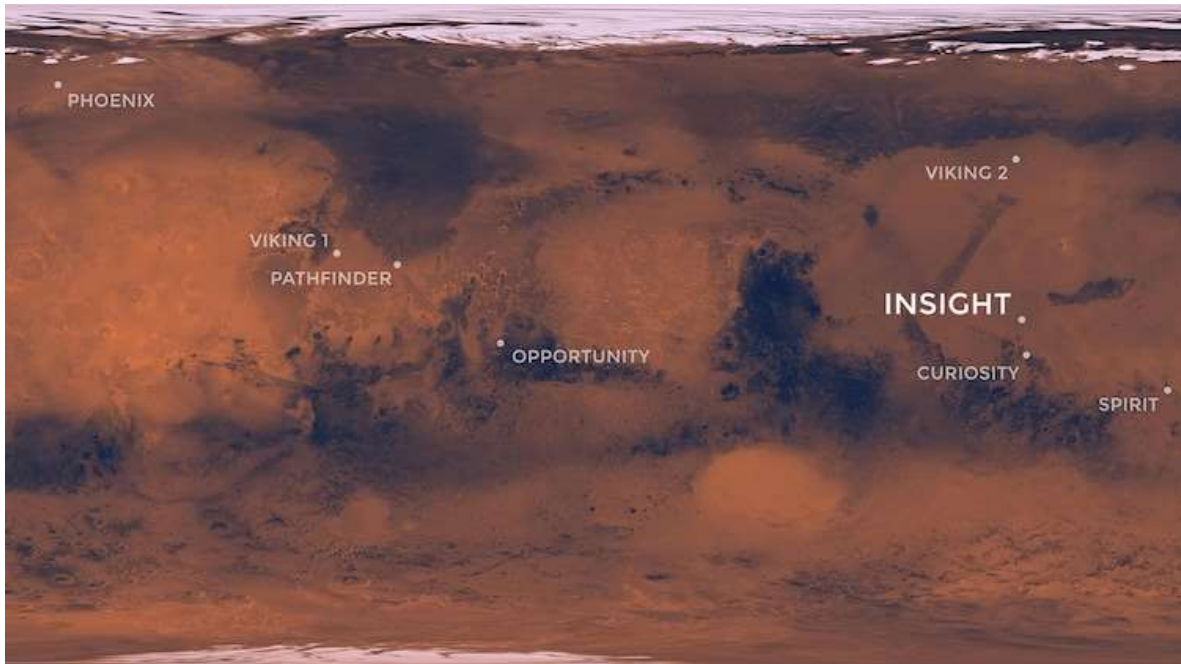


Artículo Nº 21/2025 MISIONES A MARTE

Parte III

Por Álvaro Aguirre Warden. Director de Asuntos Espaciales.
07 de agosto de 2025. 14 Min. de lectura.

En esta tercera parte, se darán a conocer las primeras misiones a Marte efectuadas por Estados Unidos, país que ha logrado posarse en Marte en nueve ocasiones: Viking 1 y Viking 2 (ambos en 1976), Pathfinder (1997), Spirit y Opportunity (ambos en 2004), Phoenix (2008), Curiosity (2012), InSight (2018) y Perseverance (2021).



Varias misiones en Marte. Fuente: NASA

Programa Mariner.

Este programa se realizó entre los años 1962 y 1973 por la NASA, y consideró la construcción de 10 naves cuya misión fue la de explorar los planetas Venus, Marte y Mercurio, este último por primera vez, regresando a Marte y Venus para una exploración más detallada.

Mariner 3.

Esta nave espacial de 260 kg con células solares y baterías diseñada para realizar mediciones científicas en las proximidades de Marte y obtener fotografías de la superficie del planeta y transmitirlas a la Tierra, fue lanzada al espacio el 5 de noviembre de 1964, pretendía llegar a Marte después de un viaje de un poco menos de 8 meses.

Sin embargo, debido a que un escudo protector no se expulsó después de que la nave espacial hubo pasado a través de la atmósfera, ninguno de los sensores de instrumentos quedó al descubierto, produciéndose un peso adicional impidió que la nave espacial alcanzara la trayectoria prescrita en Marte.



Mariner 3. Crédito: NASA

Mariner 4.

Esta nave fue lanzada al espacio el 28 de noviembre de 1964, siendo la cuarta de una serie de naves espaciales utilizadas para la exploración planetaria en modo de sobrevuelo, realizando el primer sobrevuelo exitoso del planeta, enviando las primeras imágenes de la superficie marciana, las que serían las primeras imágenes de otro planeta enviadas del espacio profundo.

La Mariner 4 fue diseñada para realizar observaciones científicas de cerca de Marte y transmitir estas observaciones a la Tierra. Otros objetivos de la misión eran efectuar mediciones de campo y de partículas en el espacio interplanetario en las proximidades de Marte y proporcionar experiencia y conocimiento de las capacidades de ingeniería para vuelos interplanetarios de larga duración.

Mariner 6 y Mariner 7.

Las misiones Mariner 6 y 7, lanzadas al espacio el 25 de febrero de 1969 y el 27 de marzo de 1969 respectivamente, comprendieron una misión doble de naves espaciales a Marte, para la exploración planetaria en modo de sobrevuelo. Los objetivos principales de las misiones eran estudiar la superficie y la atmósfera de dicho planeta durante sobrevuelos cercanos para establecer la base de futuras investigaciones, en particular las relacionadas con la búsqueda de vida extraterrestre, como también demostrar y desarrollar las tecnologías necesarias para futuras misiones hacia Marte y otras misiones de larga duración lejos del Sol.

Mariner 6 también tenía el objetivo de proporcionar experiencia y datos que serían útiles en la programación del encuentro con Mariner 7 cinco días después. Cada nave espacial llevaba una cámara de televisión de ángulo amplio y estrecho, un espectroscopio infrarrojo, un radiómetro infrarrojo y un espectroscopio ultravioleta.

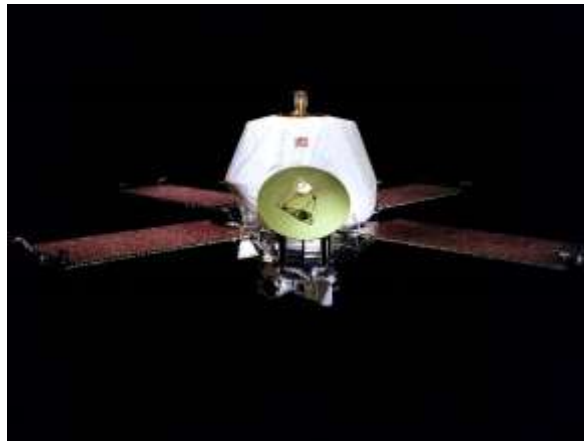
Las naves espaciales estaban orientadas completamente a la adquisición de datos planetarios, y no obtener datos durante el viaje a Marte o más allá de Marte.



Mariner 6 y 7. Crédito: NASA

Mariner 8.

La nave espacial Mariner 8, también conocida Mariner-H, fue lanzada al espacio el 9 de mayo de 1971 por un cohete Atlas Centauro SLV.3C, con el propósito de entrar en la órbita de Marte y transmitir imágenes y datos. Durante el lanzamiento, el motor principal del cohete se encendió durante 265 segundos después del lanzamiento, pero la etapa superior comenzó a oscilar y quedó fuera de control debido a una señal electrónica errónea. El cohete y la nave espacial Mariner se separarán, reentrando en la atmósfera terrestre aproximadamente a 1.500 km de distancia del lugar de lanzamiento, cayendo en el Océano Atlántico, a unos 560 km al norte de Puerto Rico.



Mariner 8. Fuente: NASA

Mariner 9.

Esta nave fue lanzada al espacio el 30 de mayo de 1971, siendo la primera nave espacial en orbitar otro planeta, combinando los objetivos de la misión Mariner 8 (cartografiar el 70 % de la superficie marciana y de la Mariner 9 (un estudio de los cambios temporales en la atmósfera marciana y en la superficie marciana).

Para la parte de reconocimiento de la misión, la superficie planetaria debía cartografiarse con la misma resolución que la planeada para la misión original, aunque la resolución de las imágenes de las regiones polares disminuiría debido al mayor rango de inclinación. Los experimentos de características variables se cambiaron de estudios de seis áreas dadas cada 5 días a estudios de regiones más pequeñas cada 17 días.

La misión Mariner 9 dio como resultado un mapeo global de la superficie de Marte, incluyendo las primeras vistas detalladas de los volcanes marcianos, Valles Marineris, los casquetes polares y los satélites Fobos y Deimos. También, proporcionó información sobre las tormentas de polvo globales, la figura triaxial de Marte y el campo gravitatorio accidentado, así como evidencia de la actividad eólica de la superficie.

Programa Viking.

El proyecto Viking consistió en el lanzamiento de dos naves espaciales separadas a Marte, Viking 1, lanzada el 20 de agosto de 1975, y Viking 2, lanzada el 9 de septiembre de 1975. Cada nave espacial constaba de una sonda orbital (Viking Orbiter I), y de una sonda de amortizaje (Viking Orbiter Lander I). Después de orbitar Marte y devolver las imágenes utilizadas para la selección del lugar de posada, el orbitador y el módulo de amortizaje se separaban entrando en la atmósfera marciana y posándose suavemente en el sitio seleccionado.

Los orbitadores continuaban tomando imágenes y otras operaciones científicas desde la órbita mientras los módulos de amortizaje desplegaban instrumentos en la superficie. El par orbitador-módulo de amortizaje tenía una masa de 3530 kg. Después de la separación y el amortizaje, el módulo de amortizaje tenía una masa de unos 600 kg y el orbitador de 900 kg. El módulo de amortizaje fue encerrado en un escudo biológico en el lanzamiento para evitar la contaminación por organismos terrestres.

Viking 1.

Una vez lanzada al espacio por un cohete Titan IIIE- Centauro desde Cabo Cañaveral y después de un crucero de 10 meses a Marte, la sonda Viking 1 Orbiter fue insertado en la órbita de Marte el 19 de junio de 1976 y ajustado a una órbita de certificación de sitio el 21 de junio iniciándose la toma de las imágenes de los sitios candidatos, con las cuales se seleccionó el sitio de amortizaje.

La misión principal del orbitador terminó el 5 de noviembre de 1976 y luego se efectuó una misión extendida que comenzó el 14 de diciembre de 1976, donde incluyeron acercamientos cercanos a Fobos en febrero de 1977, posteriormente se efectuaron ajustes menores ocasionales a la órbita en el transcurso de la misión.

El 7 de agosto de 1980, el orbitador Viking 1 se estaba quedando sin gas de control de actitud, por lo cual se elevó su órbita evitar el impacto con Marte y una posible contaminación hasta el año 2019. Las operaciones terminaron el 17 de agosto de 1980 después de 1.485 órbitas.



Orbitador Viking. Fuente: NASA

Por su parte, el 20 de julio de 1976 el módulo de amortizaje y su aeroshell, se separaron del orbitador y los cohetes se encendieron para comenzar la desorbitación, luego de unas horas y a unos 300 km. de altitud, el módulo de amortizaje fue reorientado para su entrada.

El aeroshell con su escudo térmico ralentizó la nave mientras se sumergía a través de la atmósfera y durante este tiempo, se realizaron experimentos científicos de entrada, y a 6 km de altitud a unos 250 m/s, se desplegaron los paracaídas, posterior a esto el aeroshell fue expulsado y las tres patas del módulo se extendieron. A 1,5 km de altura, los retrocohetes se encendieron hasta aterrizar 40 segundos después a unos 2,4 m/s, tocando la superficie marciana al oeste de Chryse Planitiarico el mismo 20 de julio.

La transmisión de la primera imagen de superficie comenzó 25 segundos después del amortizaje. El sismómetro no se desenjauló, y un pasador de bloqueo del brazo del muestreador se atascó y tardó 5 días en soltarse, todos los experimentos funcionaron nominalmente, hasta el 13 de noviembre de 1982, cuando se perdió contacto.

El módulo de amortizaje Viking 1 fue nombrado Thomas Mutch Memorial Station en enero de 1981 en honor al líder original del equipo de imágenes Viking.



Lander. Fuente: NASA

Viking 2.

Fue lanzado al espacio el 9 de septiembre de 1975 y luego de un crucero de 333 días a Marte, el Viking 2 Orbiter comenzó a enviar imágenes globales de planeta antes de la inserción en órbita la que se llevó a cabo el 7 de agosto de 1976, para luego ser ajustada a una órbita de certificación de sitio el 9 de agosto, comenzando a tomar imágenes de los sitios candidatos, con las cuales se seleccionó el lugar de amortizaje, además de las enviadas por Viking 1 Orbiter.

Las operaciones normales del orbitador requerían que la estructura que conectaba el orbitador y el módulo de amortizaje (el escudo biológico) fuera expulsada después de la separación, pero debido a problemas con la separación, el escudo biológico se mantuvo unido al orbitador.

La inclinación de la órbita se elevó a 75 grados el 30 de septiembre de 1976, y la misión principal del orbitador terminó el 8 de noviembre de 1976. La misión extendida comenzó el 14 de diciembre de 1976, donde se efectuaron cambios de órbita y las operaciones incluyeron acercamientos cercanos a Deimos en octubre de 1977. Durante su operación el orbitador tuvo una fuga en su sistema de propulsión dejando de funcionar el 25 de julio de 1978 después de entregar 16.000 imágenes y 706 órbitas alrededor de Marte.

El módulo de amortizaje y su aeroshell se separaron del orbitador el 3 de septiembre y después de la separación, los cohetes se encendieron para iniciar la desorbitación, después de unas horas, y a unos 300 km. de altitud, el módulo fue reorientado para su entrada. El aeroshell con su escudo térmico ralentizó la nave, realizándose experimentos científicos de entrada y a 6 km de altura, se desplegaron los paracaídas, posterior a esto el aeroshell fue expulsado, se extendieron las tres patas del módulo de amortizaje y se encendieron los cohetes permitiendo el amortizaje.

El módulo de amortizaje se posó a unos 200 km. al oeste del cráter Mie en Utopia Planitia, y debido a la identificación errónea por radar de una roca o superficie altamente reflectante, los propulsores dispararon un tiempo extra 0,4 segundos antes de amortizar, agrietando la superficie y levantando polvo, asentándose con una pierna sobre una roca, inclinada a 8,2 grados.

Las cámaras comenzaron a tomar imágenes inmediatamente después del amortizaje y operó en la superficie durante 1.281 días en Marte y se apagó el 11 de abril de 1980 cuando sus baterías fallaron.

Mars Observer.

Fue la primera de la serie de misiones planetarias Observer, fue diseñada para estudiar la geociencia y el clima de Marte. Los principales objetivos científicos de la misión eran:

- Determinar el carácter elemental y mineralógico global del material de superficie.
- Definir globalmente la topografía y el campo gravitatorio.
- Establecer la naturaleza del campo magnético marciano.
- Determinar la distribución temporal y espacial, la abundancia, las fuentes y los sumideros de volátiles y polvo a lo largo de un ciclo estacional.
- Explorar la estructura y circulación de la atmósfera.

Lanzada al espacio el 25 de septiembre de 1992 por un cohete Titan IIC desde Cabo Cañaveral fue la primera misión a Marte de la NASA tras las sondas Viking 1 y 2. El vuelo hasta Marte tuvo una duración de 11 meses, requiriendo en ese lapso dos correcciones de trayectoria. El 24 de agosto de 1993, la nave debía situarse en una órbita elíptica alrededor de Marte, permaneciendo en órbita durante un año marciano para estudiar el planeta, sin embargo, el 21 de agosto mientras se intentaba presurizar su sistema de propulsión principal para situar la nave en la órbita requerida se perdió contacto con ella.

Las investigaciones para determinar las causas de la pérdida no fueron concluyentes, ya que nunca se recuperó la comunicación, pero las sospechas se centraron en el fallo de una válvula que habría ocasionado una fuga de combustible y de presurizante. Esto habría llevado a una serie de problemas, todos ellos potencialmente fatales.

La pérdida de la Mars Observer, supuso un auténtico desastre para el programa de exploración marciana, ya que se trataba la primera pérdida de una sonda marciana de la NASA en 23 años, desde el fracaso de la Mariner 8 en 1971, por lo que decidió lanzar todos los instrumentos de la Mars Observer en tres sondas distintas, conformada por la Mars Global Surveyor (1996), la Mars Climate Orbiter (1998) y la Mars Odyssey (2001).



Mars Observer. Fuente: NASA

Mars Global Surveyor (MGS).

Lanzada al espacio el 7 de noviembre de 1996 por un cohete Delta y una fase de cruce de 10 meses, el MGS se insertó en una órbita de captura elíptica el 12 de septiembre de 1997. Durante los siguientes cuatro meses, se pretendía que las maniobras de aerofrenado y los propulsores se utilizaran para bajar la órbita hasta la órbita final de mapeo circular, sin embargo, debido al mal despliegue de uno de los paneles solares las maniobras fallaron.

Debido a lo anterior, se empleó un nuevo programa de aerofrenado, más lento y que ejerció menos presión sobre los paneles solares, programa que se aplicó hasta abril de 1998, momento en el que se logró una órbita de fase científica de 11,6 horas con un periapsis de 171 km. Después de una pausa de 5 meses, las maniobras de aerofrenado se reanudaron el 23 de septiembre de 1998.

Después de que las maniobras de aerofrenado finalizaran en febrero de 1999, MGS se encontraba en una órbita circular de 118 minutos de mapeo científico polar con una altitud índice de 378 km. La órbita tenía un ciclo de casi repetición de 7 días, por lo que fue posible mapear el planeta en ciclos de 26 días, lo que se comenzó a realizar a mediados de marzo de 1999. La misión principal duró un año marciano (687 días terrestres) hasta enero de 2001. Posterior a esto se llevó a cabo una misión extendida hasta abril de 2002, agregándose posteriormente nuevas extensiones hasta que se perdió el contacto con la nave espacial el 2 de noviembre de 2006.

El Mars Global Surveyor orbitó Marte durante un período de siete años y recopiló datos sobre la morfología de la superficie, la topografía, la composición, la gravedad, la dinámica atmosférica y el campo magnético.

Estos datos son necesarios para investigar los procesos de la superficie, la geología, la distribución del material, las propiedades internas, la evolución del campo magnético y el tiempo y el clima de Marte.



Mars Global Surveyor. Fuente: NASA

Mars Pathfinder.

Se conocía anteriormente como Mars Environmental Survey (MESUR) Pathfinder, lanzada el 4 de diciembre de 1996, fue la segunda de las misiones planetarias de bajo costo Discovery de la NASA en ser lanzada. La misión consistía de un módulo de amortizaje estacionario y un rover de superficie.

La misión tenía el objetivo principal de demostrar la viabilidad de amortizajes y exploraciones en la superficie marciana. Este objetivo se cumplió mediante pruebas de comunicaciones entre el rover y el módulo de amortizaje, y entre el módulo de amortizaje y la Tierra, pruebas de los dispositivos de imagen y sensores, y pruebas de la maniobrabilidad y los sistemas del rover en la superficie.

Los objetivos científicos incluían la ciencia de entrada atmosférica, imágenes de superficie de largo alcance y de cerca, experimentos de composición de rocas y suelos y propiedades de materiales, y meteorología, con el objetivo general de caracterizar el entorno marciano para una mayor exploración.

Fue lanzada al espacio por un cohete Delta 7925 el 4 de diciembre de 1996, entrando en la atmósfera marciana el 4 de julio de 1997 terminando la etapa de crucero 30 minutos antes de la entrada atmosférica, luego se redujo la velocidad gracias al escudo térmico, para luego desplegar un paracaídas.

A una altitud de aproximadamente de 1,6 km, el altímetro del radar adquirió la superficie, y unos 10 segundos antes del amortizaje, cuatro bolsas de aire se inflaron formando una "bola" protectora de 5,2 metros de diámetro alrededor del módulo. Cuatro segundos más tarde, a una altitud de 98 m, los tres cohetes sólidos, montados en la carcasa trasera, dispararon para ralentizar el descenso.

El módulo transmitió por primera vez los datos de ingeniería y ciencia atmosférica recopilados durante la entrada y el amortizaje.



Imagen del Mars Pathfinder Lander en Marte tomada por el rover Sojourner. Fuente: NASA

La mayor parte de la tarea del módulo de amortizaje fue apoyar al rover mediante imágenes de las operaciones del rover y la transmisión de datos desde el rover a la Tierra, también el módulo estaba equipado con una estación meteorológica. Se tomaron imágenes y se realizaron experimentos con el módulo de amortizaje y el rover hasta que el 27 de septiembre de 1997 se perdieron las comunicaciones por razones desconocidas.

El rover, nombrado como "Sojourner", es un vehículo de seis ruedas, de 280 mm. de alto, 630 mm. de largo y 480 mm. de ancho con una distancia al suelo de 130 mm. En el momento del despliegue, el rover se extendió a su altura completa y rodó por una rampa de despliegue el 6 de julio de 1997.

El 10 de marzo de 1998 terminó la misión Pathfinder cuando el módulo de amortizaje no respondió a la orden final de comunicarse, y que operó tres veces más que su vida útil original planificada de 30 días en la superficie marciana.



Rover Sojourner. Fuente: NASA

Artículo Nº 22 / 2025

EUROPEAN SKY SHIELD INIATITIVE (ESSI), LOS DESAFÍOS A ENFRENTAR



Por René Jorquera Escobar. Director de Tecnología e Innovación.

27 de agosto de 2025. 10 Min. de lectura.

I.- Introducción

Ante los ataques rusos contra Ucrania, llevados a efecto con misiles balísticos, misiles crucero y drones suicidas en el marco de la guerra Rusia-Ucrania, el canciller alemán Olaf Scholz propuso, en agosto de 2022, la creación de un sistema europeo integrado de defensa antiaérea que permitiera hacer frente a esta creciente amenaza.

La iniciativa nació de la preocupación por la limitada capacidad que tendría la OTAN para enfrentar incursiones de esta naturaleza, cuyo origen estaría en la obsolescencia del material antiaéreo que poseen algunas naciones que integran dicha alianza, como también de la falta de un sistema de mando y control que permita integrar los radares y armas antiaéreas de diferente procedencia y capacidades que poseen los miembros de dicho pacto defensivo.

En octubre de 2022, al menos quince países europeos firmaron una declaración para unirse a esta iniciativa liderada por Alemania. Hoy, los países que integran este desarrollo alcanzan a 24, incluyendo los estados neutrales de Austria y Suiza que también firmaron la declaración para adherirse a este proyecto. La iniciativa no solo busca mejorar e integrar las capacidades defensivas, ya que además, pretende reforzar el Sistema de defensa antimisiles que ya posee la OTAN.

Una iniciativa como esta es inédita y significa un gran avance en la protección del espacio aéreo de la OTAN, que planteará importantes desafíos que deberán resolverse antes de su puesta en funcionamiento.



Países que integrarían la iniciativa ESSI

II.- ¿Cuál es el problema a solucionar?

Cómo ya se mencionó, por una parte, los efectos de la acción de misiles balísticos y crucero, como también de drones suicidas en la Guerra Rusia-Ucrania, y por otra parte, el evidente desarrollo de una capacidad de misiles balísticos de corto y mediano de precisión por parte de Moscú, han dejado al descubierto que las fuerzas armadas europeas tienen una brecha de capacidad para combatir ciertos blancos, en especial los misiles balísticos que vuelan en la capa de interceptación más alta y tienen un alcance de más de 1.000 km.

En el caso de Alemania, impulsor de la ESSI (European Sky Shield Initiative), antes de la invasión rusa de Ucrania había realizado esfuerzos para construir un mejor sistema de defensa antiaérea para su territorio, los que fracasaron debido a años de medidas de austeridad y a la falta de voluntad para priorizar e invertir en esta área. La cooperación para el del Sistema de Defensa Aérea de Extensión Media (MEADS) y del Sistema de Defensa Aérea Táctica (TLVS) terminaron sin acuerdos de producción y adquisición luego de años de trabajo. La razón principal que se argumentó para esta decisión, fueron los elevados costos que significaban su desarrollo y producción.

En la actualidad, Alemania cuenta con una mezcla de sistemas antiaéreos que incluyen sistemas recientemente puestos en servicio, otros obsoletos y algunos de procedencia extranjera. La capacidad antiaérea alemana ha disminuido notoriamente desde 1990 a la fecha, y es claro que las dotaciones de sistemas antiaéreos que se dispone hoy en día no alcanzarían para cubrir la totalidad del territorio alemán y mucho menos, para proteger todas aquellas zonas e infraestructura estratégica para las operaciones militares y supervivencia de su población.



Foto de archivo de un sistema de defensa antimisiles Patriot.

Imagen: Bernd Wurmbeck/epicture alliance

Sistema estadounidense de misiles Patriot. Fuente: DW

A modo de ejemplo, las fuerzas armadas alemanas disminuyeron de 36 a solo 12 escuadrones del Sistema Patriot (cantidad a principios de 2022), y en lo que va del conflicto ucraniano, ya ha entregado 3 de estas unidades a Kiev, en tanto que otros dos sistemas están desplegados

en Polonia para la protección del aeropuerto de Rzeszow, en el sureste de Polonia (www.dv.com), a través del cual la OTAN transporta todo el armamento hacia Ucrania. En 1990, las unidades de misiles antiaéreos comprendían 10.970 puestos de servicio, hoy solo hay unos 2.300 puestos.

La situación de otros países de la OTAN no dista mucho de la alemana. Varios de ellos cuentan con sistemas de defensa de corto y mediano alcance modernos y de procedencia europea, algunos otros tienen sistemas estadounidenses Patriot para la defensa de largo alcance. También, está el caso de algunos países que en el pasado formaron parte del Pacto de Varsovia, los que aún mantienen en servicio antiguos sistemas de origen ruso. En general, la capacidad de defensa antiaérea cubriría sólo hasta la capacidad de corto, mediano y en el mejor de los casos largo alcance, lo que no sería suficiente para detener los misiles balísticos de precisión rusos.

Como complemento a estas capacidades, para la defensa contra misiles balísticos, es decir, alcances de más de 100 km, en el marco de la OTAN, Estados Unidos opera el sistema Aegis Ashore en Rumanía y en Polonia, como parte de la misión de Defensa contra Misiles Balísticos (BMD). Esta capacidad defensa antiaérea está orientada hacia amenazas del Cercano y Medio Oriente. Además del sistema Aegis, Estados Unidos también tiene desplegado el sistema tierra-aire THAAD (Terminal High Altitude Area Defense), el cual no ha sido adquirido por ningún país europeo a la fecha.

En el rango de las capacidades antes señaladas, desde 2019, algunos países de la Unión Europea, liderados por Francia, iniciaron el desarrollo del proyecto Twister, cuyo objetivo es crear un sistema de defensa europeo polivalente, con vigilancia espacial, dirigido a amenazas como misiles balísticos de alcance intermedio, misiles crucero hipersónico, planeadores hipersónicos, aeronaves de combate de próxima generación, entre otros. Este desarrollo contribuiría autónomamente a la defensa de misiles balísticos (BMD) de la OTAN, siendo entonces una capacidad complementaria, pero de desarrollo europeo.

Por último, las aprensiones que tenía Alemania respecto a la amenaza que se cernía sobre sus cielos y sus propias capacidades antiaéreas, cuando lanzó la iniciativa ESSI hace ya tres años, parecen estar volviéndose cada vez más una realidad que está golpeando la puerta de la OTAN. En efecto, Rusia anunció a inicios de agosto del 2025, que levanta la moratoria al despliegue de misiles balísticos de corto y mediano alcance que se autoimpuso en el 2019, tras el abandono del Tratado Internacional de Fuerzas Nucleares de Alcance Medio (INF) de eliminación de dicha clase de armamento, con capacidad nuclear.

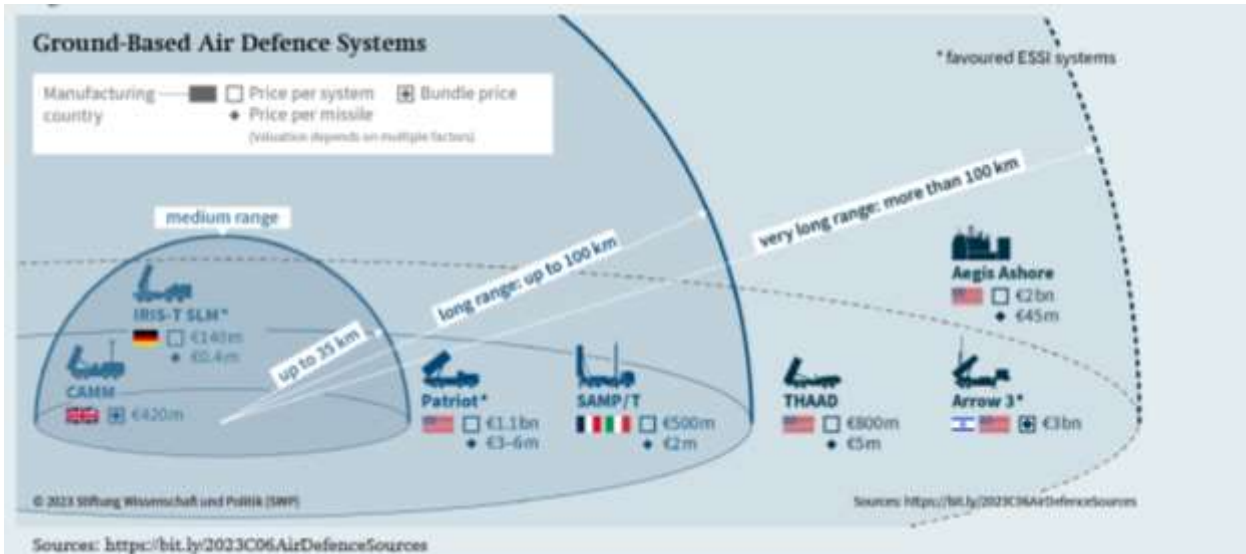
El comunicado emitido por Moscú señala que, "El Ministerio de Exteriores constata la desaparición de las condiciones para mantener esa moratoria unilateral sobre el despliegue de ese armamento y está autorizado a declarar que la Federación Rusa no se considera más ligada a las limitaciones que se impuso en el pasado", esto en respuesta a lo que Rusia denominó, en diciembre del 2024, como "acciones desestabilizadoras" de Estados Unidos y la OTAN en el ámbito estratégico.

A lo anterior, se debe sumar el hecho que Rusia inició la producción del nuevo misil balístico hipersónico de alcance intermedio Oreshnik, el cual fue disparado en forma experimental contra Ucrania en noviembre del 2024, el que sería desplegado en Bielorrusia en el futuro. El misil en cuestión tendría una velocidad de hasta 10 Mach y posee múltiples ojivas.

III.- Que es la ESSI

La iniciativa ESSI que impulsa Alemania, no sólo implica la integración de los múltiples sistemas antiaéreos existentes, más otros por adquirir, para coordinarlos desde un o más puestos de mando que permita hacer más eficiente su empleo, como podría pensarse de manera simple. Un sistema de esta naturaleza requiere de capacidades especiales de detección que permitan una alerta temprana del lanzamiento de misiles balístico de corto y mediano alcance, amenaza que representa hoy en día la principal prioridad de Alemania, pero también, que posibiliten la detección de otros objetivos como aeronaves, misiles crucero, drones suicidas, etc. En la práctica, blancos de variadas velocidades, tipos de trayectorias y tamaños. Esta particularidad requiere el empleo de sistemas antiaéreos de diferentes características y capacidades, integrados en una estructura de capas.

Se requiere entonces, una capacidad de detección que necesita de la información que deben proveer satélites especializados y radares terrestres o embarcados de diferentes rangos en alcance y longitudes de onda. A dichos sistemas, se deben agregar sensores óptico-electrónicos como cámaras IR, cámaras de tv, etc., y por supuesto, sistemas de seguimiento ya sea satelitales, por medio de radares o bien por sistemas ópticos.



Nota: La figura muestra un esquema de cómo se integran las diferentes capas de la iniciativa ESSI e incluye sistemas que no forman parte de esta, pero que si son parte de la Defensa Antiaérea de los países de la OTAN. Fuente: Germany's Fragile Leadership Role in European Air Defence.

En lo que respecta a la neutralización de la amenaza, un sistema de esta naturaleza debe contar con capacidades de interceptación a diferentes rangos en alcance, desde un muy largo alcance para la neutralización de misiles balísticos, hasta el rango del muy corto alcance para la neutralización de amenazas muy cercanas como drones de muy pequeño tamaño. En este sentido, se requiere conformar un sistema que trabaje bajo el concepto de capas de defensa (en lo que también se conoce como familia de armas), que permita neutralizar amenazas a diferentes distancias y alturas, en cualquier radial de ingreso hacia el área sensible que se defiende (Defensa en todos los azimuts).

La amplitud de rangos y alturas, la superficie aparente radar (tamaño) de la amenaza y los diferentes rangos de velocidades de esta misma, obliga a conformar un sistema integrado que considere el uso de misiles para el mediano y largo alcance, como también, de misiles y cañones para los rangos de corto y muy corto alcance. Esta estructura puede además incluir armas laser para los rangos inferiores.

El manejo y empleo de tal variedad de sistemas de detección y armas requiere necesariamente de un sistema de mando y control que permita enlazar todos los medios existentes para hacerlos funcionar de manera coordinada, como un solo componente (integración), con capacidad para evaluar la amenaza, priorizarla y asignarla a las armas encargadas de su neutralización y controlar el resultado de la gestión de combate. Esto requiere contar con enlaces de comunicaciones especiales, que permitan conformar una red con todos los sistemas involucrados, integrar la detección y panorama aéreo en una sola situación aérea común, como también distribuir la información disponible y las ordenes de enganche y fuego, mediante un software que permita que el combate antiaéreo se realice en forma eficiente y eficaz.

Además de todo lo anterior este sistema debe ser capaz de operar en un ambiente multidominio, integrar sistemas antiaéreos terrestres y navales, como también aeronaves de defensa aérea, en un espacio aéreo que debe ser negado al adversario, pero en el cual deben operar medios propios y neutrales con seguridad.

En la definición de la ESSI, Alemania ha propuesto para su implementación los siguientes sistemas antiaéreos:

Alcance	Sistemas propuestos por Alemania	Otros sistemas posibles de incorporar
Corto y muy corto alcance	No hay sistemas definidos se entiende que serían los orgánicos de cada país.	
Mediano Alcance (Hasta 35 km):	IRIS TSLM de origen alemán	Sistema CAMM de origen inglés.
Largo Alcance (Hasta 100 km)	PATRIOT de origen estadounidense	SAMP/ T de origen francés.
Muy largo Alcance	ARROW 3 de origen israelí	Sistema Twister, multinacional europeo

Para el corto y muy corto alcance, no existen definiciones respecto de que sistemas podrían ser parte de esta capa.



Sistema Antiaéreo alemán Iris-T. Fuente: DW

La propuesta en cuestión no considera, como parte de los medios respecto de los cuales se puede optar, sistemas actualmente ya en uso, como el SAMP/T (denominado Mamba recientemente), de origen francés e italiano recientemente desplegado operacionalmente en Rumania, y el cual ya se encuentra completamente integrado a la cadena de mando y control aéreo aliado de la OTAN, o bien, el sistema Twister, un sistema que tendría prestaciones similares a las del Arrow 3, que actualmente está en desarrollo por parte de un grupo de países liderado por Francia. En este mismo caso, la iniciativa tampoco considera al sistema CAMM de origen inglés, el cual tiene prestaciones similares al sistema alemán Iris-T.

La iniciativa ESSI, además de proporcionar una capacidad de protección al espacio aéreo europeo y crear una red integrada e interoperable de sensores y sistemas de armas antiaéreos, busca reducir la dependencia de Estados Unidos en materia de defensa antimisiles, lograr economías de escala mediante la compra conjunta de sistemas estandarizados como también, reforzar la defensa colectiva de la OTAN.

IV.- Desafíos

La complejidad tecnológica de desarrollo, integración y operación de un sistema de esta naturaleza, que involucra a más de veinte países, que debe ser capaz de enfrentar una amenaza tan variada integrando sistemas antiaéreos de diferente procedencia y capacidades, constituye de por sí un desafío de proporciones.

En este sentido, la definición respecto cómo se enfrentará su desarrollo, con una propuesta estandarizada y muy acotada de sistemas, contribuye a disminuir los problemas que se pueden presentar derivados de la integración, estandarización, mantenimiento e instrucción que un sistema de esta naturaleza requiere, acortando los tiempos para su puesta en servicio, ya que se considera sistemas de armas ya en producción y operación.

Sin embargo, esta definición, que parece por lo demás lógica, coloca en aprietos a países que ya tienen en desarrollo una solución para la protección de mediano y largo alcance, u otros que están en proceso de adquisición de sistemas antiaéreos que no están considerados en la propuesta de Berlín.

Europa no tiene un sistema de neutralización de misiles balísticos de largo alcance de desarrollo propio, por ello, Alemania, principal impulsor de la iniciativa ESSI, ha mostrado interés en la adquisición del sistema israelí Arrow3, el que ya está en producción y ha sido probado en combate, el que es capaz de interceptar misiles balísticos de largo y mediano alcance fuera de la atmosfera terrestre. Esta decisión, que implica disminuir los tiempos de puesta en operación de la ESSI, es incompatible con la posición francesa que apoya la iniciativa alemana de construir un sistema integrado de defensa antiaérea, pero que es de opinión que todo el desarrollo de los sistemas involucrados sea de origen europeo, evitando así dependencias del extranjero. Esta postura implica diseñar y desarrollar, lo que significaría mucho más tiempo, algo de lo que no dispone Alemania en estos momentos.

Otro aspecto que se debe solucionar es la integración del sistema Arrow 3, el cual actualmente no sería interoperable con los estándares técnicos de la OTAN, por tanto, los sistemas a adquirir deben contar con la aprobación de Estados Unidos e Israel, para que se entreguen los datos confidenciales del sistema para su integración a la ESSI. Sin embargo, no está claro si estos países estarían dispuesto a esta entrega de datos. Además, se ha de considerar que el sistema Arrow 3 debe ser aprobado por la Junta de Interoperabilidad de la OTAN, en la que está representado cada aliado, entre ellos Francia, principal impulsor del sistema Twister.

Desde una mirada más táctica, también están los desafíos que implican la interconexión de una miríada de sistemas de diferente procedencia con la finalidad de crear un panorama aéreo único y común para la Defensa Antiaérea, que permita además coordinar la gestión de combate de múltiples sistemas en un área tan extensa como la que representan los 24 países involucrados. Esta problemática, además, implica la adaptación, o bien el desarrollo, de procedimientos y doctrinas que permitan que la ESSI pueda actuar como un todo coordinado, y no como múltiples subsistemas enlazados. A lo anterior, se debe agregar que el sistema debe ser eficiente ante una amenaza que se puede manifestar en múltiples direcciones, con escaso tiempo de reacción, que puede buscar su saturación empleando múltiples ataques simultáneos y que debe además actuar en un escenario donde se encontraran operando medios aéreos propios.

Desde la perspectiva política también parecen haber desafíos. La iniciativa y propuesta de Alemania, tiene como objetivo adquirir la capacidad antiaérea que permite cerrar la brecha lo más rápido posible, en cuyo caso ha definido una alternativa de medios a considerar que es bastante limitada, la que pueden ser no atractiva para aquellos países que ya han adquirido o están en proceso de adquirir sistemas alternativos a dicha propuesta. En este caso, están Francia e Italia que estarían desplegando el sistema SAMP/T en lugar del sistema Patriot y Polonia, que estaría adquiriendo tanto el sistema Patriot como el CAMM británico en lugar del IRIS-T alemán. Francia, en este sentido ha tomado una posición crítica los planes de Berlín por invertir en capacidades no europeas como el Patriot y el Arrow 3, incentivando además a los aliados a hacer lo mismo.

En el plano militar, también se debe considerar el escaso tiempo que transcurrió entre el discurso del canciller Scholz en Praga el 29 de agosto de 2022 y la firma del Memorando de Entendimiento el 13 de octubre de 2022. Para los entendidos, este período fue demasiado corto como para permitir un debate en profundidad que permitiera un análisis sobre las amenazas que se deben considerar y posibles soluciones. Por esta razón, se estima que las respuestas a las preguntas sobre qué armas ofensivas amenazan a Europa y qué armas defensivas pueden utilizarse mejor contra ellas, no han podido definirse con precisión. En este sentido, existe la impresión que ha primado apostar por sistemas antiaéreos que estaban disponibles, en lugar de guiarse por las necesidades operativas y otros factores relevantes.



Sistema antiaéreo franco italiano SAMP/T NG. Fuente: MBDA

En el nivel económico también hay desafíos, ya que aun cuando la estandarización y la compra en volumen produce economías de escala, no debe olvidarse que los sistemas antiaéreos, su munición y todos los elementos o componentes necesarios para su operación son costosos.

En este sentido, es posible que algunos países no puedan participar de la adquisición de grandes cantidades de sistemas complejos y de alto valor, impidiéndoles esto participar de la iniciativa ESSI.

Por último, el anuncio de Rusia de incrementar la fabricación de sus misiles balísticos de corto y mediano alcance, como también del misil balístico hipersónico Oreshnik, es una señal que reafirma la aprensión alemana respecto a la seguridad de su espacio aéreo y obliga a actuar con premura para poner en operación esta iniciativa en el menor tiempo posible.

IV.- Conclusión

La iniciativa ESSI es inédita y representa un gran avance en términos de cooperación multinacional, sin embargo, por su complejidad es evidente que enfrentará desafíos de diferente naturaleza antes de su puesta en operación.

Debe, en primer lugar, conciliar las aspiraciones de Alemania de contar prontamente con una capacidad de protección de su espacio aéreo contra la amenaza que representan ciertos sistemas y misiles desarrollados por Rusia, con los deseos de otros países, entre ellos Francia, de contar con un sistema integrado de fabricación completamente europea, solución que, debido al estado de desarrollo de algunos sistemas, tomaría mucho más tiempo antes de estar completamente operativa.

La iniciativa en cuestión representa un cambio doctrinario hacia una defensa antiaérea cooperativa, que produce beneficios debido a la sinergia de compartir adquisiciones, entrenamiento, mantenimiento y operación de sistemas antiaéreos estandarizados, pero lo principal, bajo el concepto de operación integrada y coordinada. Este enfoque es altamente positivo ya que buscaría superar la fragmentación histórica de Europa en materia de defensa antiaérea, donde tradicionalmente coexistían múltiples sistemas nacionales no coordinados ni interoperables ahora se avanzará hacia un sistema integrado y coordinado.

Para Europa Central y del Este, esta iniciativa tiene una relevancia vital, ya que permite fortalecer la protección de su espacio aéreo en un momento en que Rusia ha intensificado la producción de misiles balísticos e hipersónicos de corto y mediano alcance, constituyendo una amenaza en el mediano plazo que debe ser considerada desde hoy.

La iniciativa ESSI, no es el único proyecto de defensa aérea europeo, pero si es el más ambicioso en términos de cooperación multinacional. Los proyectos Twister y el SAMP/T son iniciativas que permiten cubrir el largo y muy largo alcance, ligados ambos a la industria francesa, y que hoy por hoy, abarcan un pequeño grupo de países. El segundo de ellos ya se encuentra operativo e integrado a la estructura de mando y control de la OTAN, por ende, se deberá analizar como estos sistemas se integrarán en el futuro a la iniciativa ESSI.

Por último, es claro que también hay una pugna económica detrás de todo esto ya que la estandarización abre un mercado importante para aquel país encargado de proveer los sistemas, lo que sin dudas explicaría la reticencia de Francia, un gran productor de armas, que puede sentir que está perdiendo una gran oportunidad de venta ante esta iniciativa.

Bibliografía

- 1.- Los misiles rusos y la iniciativa europea Sky Shield, *Lydia Wachs*
- 2.- El frágil papel de liderazgo de Alemania en la defensa aérea europea, *Sven Arnold and Torben Arnold*
- 3.- <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3130254/cinco-paises-europeos-desarrollan-nuevo-sistema-avanzado-misiles-antiaereos>
- 4.- <https://www.dw.com/es/rusia-inicia-la-producci%C3%B3n-en-masa-de-misiles-hipers%C3%B3nicos-oreshnik/a-73503406>
- 5.- <https://www.dw.com/es/rusia-levanta-la-moratoria-al-despliegue-de-misiles-de-corto-y-medio-alcance/a-73527906>
- 6.- <https://www.pucara.org/post/european-sky-shield-initiative-essi-arquitectura-multicapa-para-la-defensa-a%C3%A9rea-de-europa>
- 7.- <https://www.elpais.cr/2025/07/19/el-patriot-aleman-para-ucrania-estara-listo-dentro-de-seis-u-ocho-meses/>

Artículo Nº 23 /2025 CAPACIDADES C-UAS (Counter-Unmanned Aerial Systems) 1 Parte



Por Manuel Quiñónez Sígala. General de Aviación en situación de retiro. Ex Director Ejecutivo CEEA. Profesor de la Academia de Guerra Aérea de la Fuerza Aérea de Chile. Investigador Asociado al CEEA. 04 de septiembre de 2025. 10 Min. Lectura.

I. ANTECEDENTES.

La OTAN define UAS (*Unmanned Aerial Systems*, UAS o *Unmanned Aerial Vehicles*, UAV), como una aeronave que no lleva un operador humano y que es operada remotamente utilizando varios niveles de funciones automatizadas. También, son normalmente conocidos como “drones” aéreos.

En los últimos años y meses hemos visto como ha aumentado el empleo de drones aéreos en una amplia gama de operaciones militares, tanto en beneficio de la maniobra propia, como también, en aplicaciones que permiten mantener actualizada la situación del espacio de batalla.

Paralelamente, el aumento exponencial a nivel mundial en la fabricación y operación de drones aéreos con posible uso militar, así como la fácil disponibilidad de estos ingenios a nivel comercial, ha puesto de relieve la vulnerabilidad a la que se enfrentan las fuerzas militares, sus instalaciones y la infraestructura crítica, tales como puertos y aeropuertos, sistemas de alimentación eléctrica, de combustibles, etc. Asimismo, se ha incrementado el uso de pequeños drones en actividades ilícitas en áreas urbanas, pudiendo incluso llegar a poner en peligro el desarrollo de las actividades diarias de la población en general.

Todo ello, tiene un alto impacto en la seguridad y defensa de los países, si no se cuentan con capacidades para hacer frente a las amenazas o riesgos que pueden representar los drones, en especial los pequeños (sUAS, *Small UAV*) más difíciles de controlar en su fabricación y también, más difíciles de detectar. Las capacidades anti-drones están contenidos dentro de las llamadas genéricamente como “Capacidades C-UAS” (*Counter-Unmanned Aerial Systems*), que es el tema de este artículo.

Los riesgos y amenazas más comunes en el uso malicioso de drones van desde la operación no autorizada, que puede provocar accidentes por colisiones o caídas, la observación ilícita o clandestina de instalaciones estratégicas, el transporte y entrega ilegal de sustancias ilícitas, hasta llegar incluso al ataque o

sabotaje en contra de instalaciones, equipamiento, o directamente, en contra de las personas.

Este artículo responde a la necesidad de conocer respecto de las capacidades C-UAS, y está orientado **específicamente contra las actividades de los llamados drones pequeños (*small UAS o small UAV*)**. Para ello, en una primera parte se establece un marco de referencia conceptual resumido respecto de las capacidades C-UAS y las fases que caracterizan esas capacidades, junto con analizar las diferentes metodologías empleadas para su detección, identificación y de ser necesario, su neutralización o destrucción. Basado en ese marco y análisis, en una segunda parte se establecen recomendaciones o sugerencias que contribuyan a formular los requerimientos operacionales preliminares para obtener esas capacidades, de acuerdo con distintos escenarios que se señalan.

II. MARCO CONCEPTUAL PARA LAS CAPACIDADES C-UAS.

A.- LA AMENAZA EVOLUTIVA DE LOS UAS.

La disponibilidad de drones ha experimentado un crecimiento exponencial. El mercado de drones de consumo ha crecido masivamente, con sistemas básicos que cuestan menos de cien dólares y son accesibles para todos: tanto para los actores estatales, como para los llamados “Actores Armados No Estatales (NSAA)”, y las organizaciones terroristas y criminales²⁸.

Dentro de los actores estatales, cabe resaltar que al menos 95 países mantienen programas militares de drones, con más de 21.000 drones militares operativos globalmente (2024)²⁹. China y Rusia son productores y exportadores prominentes, con modelos que imitan las capacidades occidentales, pero a menor costo, como las series *Wing Loong* y CH4-B de China.

Irán también, ha desarrollado UAS armados como el *Shahed*, que han tenido un empleo masivo en el conflicto Irán-Israel. Los drones iraníes también han sido suministrados a Rusia, que los emplea regularmente en su conflicto con Ucrania.

Sin duda, el caso más emblemático ha sido la defensa del territorio de Ucrania en contra de la invasión de Rusia, en donde el número de drones empleados en conflicto se eleva a miles, dando paso a una nueva industria de defensa, en donde se ha puesto el énfasis en la innovación y producción masiva a bajo costo y la operación sencilla, disponible para todo tipo de combatiente.

Una de las operaciones con drones por parte de Ucrania más sobresaliente fue el ataque coordinado a múltiples bases aéreas rusas, como parte de la “Operación Telaraña”³⁰, que tuvo como resultado la destrucción en tierra de

²⁸ Lt. Col A. Haider GE A. *Unmanned Aircraft System Threat Vectors*. A Comprehensive Approach to Countering Unmanned Aircraft Systems, NATO Joint Air Power Competence Centre, 2021, pág 36-38.

²⁹ Ibid.

³⁰ Centro de Estudios Estratégicos de la Academia de Guerra, Ejército de Chile. *Operación Telaraña, Golpe*

gran parte de la capacidad de bombarderos estratégicos de Rusia (Ver fotografía). Ello confirmó que el uso de drones pequeños, en el marco de las operaciones especiales de inteligencia, pueden ocasionar la pérdida importante en las capacidades aéreas de un país.

La amplia accesibilidad a las capacidades que entregan los UAS pueden transformar incluso a los drones pequeños (o de consumo), disponibles comercialmente, en una amenaza viable y creíble para las operaciones militares.

Dentro del uso de drones por parte de los Actores No Estatales, se puede destacar los ataques de los grupos como ISIS, las fuerzas rebeldes de la guerra civil en Myanmar y el constante asedio de las facciones de los Hutíes. En cuanto a su uso por organizaciones criminales o terroristas, se destaca el uso de drones por parte de los carteles de la droga (principalmente en México y Brasil), los que han adaptado drones comerciales para diversos fines, desde la vigilancia hasta el ataque con explosivos a bandas adversarias.



Fotografía que muestra un avión ruso Tu-95 impactado por un dron FPV durante el ataque a la base aérea rusa de Olenya, dentro de las acciones de la llamada “Operación Telaraña”³¹.

Los UAS pueden adaptarse fácilmente para portar diversos sensores y armamentos, lo que proporciona variadas alternativas de empleo para fines militares, que van desde las actividades de Inteligencia (ISR), el empleo de armamento en forma directa (tipo *kamikazes*) o como plataforma de disparo, hasta operaciones de Guerra Electrónica (EW) o de relay de

Estratégico en contra de Rusia, 2025. Disponible en: <https://ceeag.cl/operacion-telarana/>

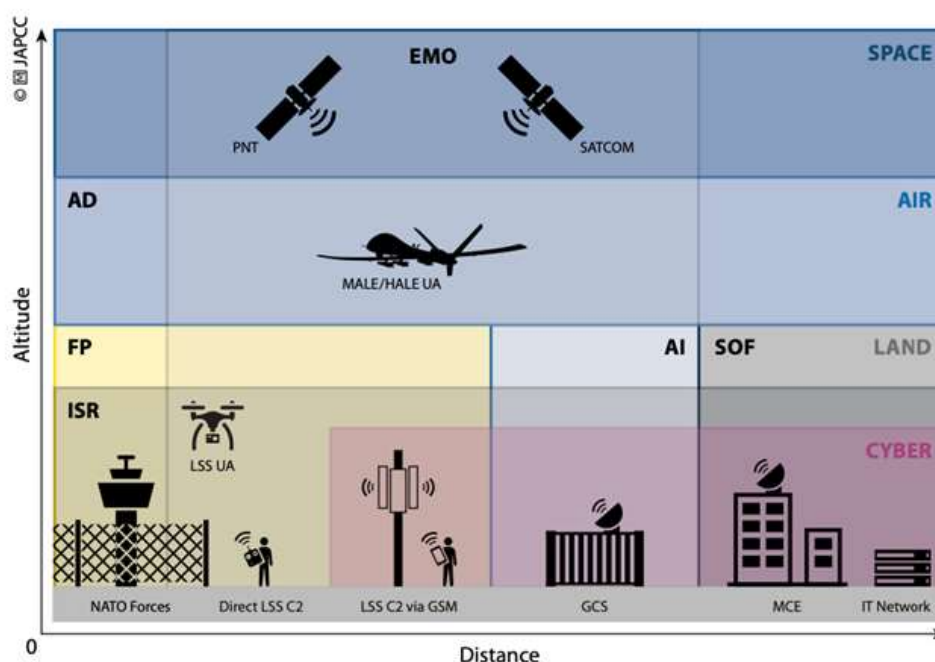
³¹ Fuente: <https://www.themoscowtimes.com/2025/06/04/we-analyzed-new-drone-footage-of-ukraines-operation-spiders-web-a89339>.

comunicaciones. Todas estas alternativas en modalidades de empleo individual o en enjambre, piloteados remotamente o programados para una operación autónoma.

Dentro de la gama de sensores disponibles para su uso en UAS se cuenta desde cámaras digitales básicas, hasta sensores sofisticados como LiDAR y cámaras multispectrales EO/IR, capaces de detectar firmas térmicas y cambios en el terreno.

Por su parte, el armamento utilizado por los UAS puede variar dependiendo de su tamaño, sofisticación de los sistemas abordo y de los sistemas de comunicaciones empleado en su operación. En el caso de los UAS militares, se les han incorporado tanto armamento aire-superficie como también aire-aire, replicando en parte las capacidades de las aeronaves tripuladas.

En una menor categoría, los drones pequeños son capaces de transportar armamento con un menor poder de destrucción, contra blancos más puntuales y desprotegidos, como fue el caso de la Operación Telaraña. Lo relevante con los drones pequeños es que por lo general, se trata de elementos que están disponibles comercialmente o de fácil fabricación, que pueden ser modificados o diseñados para transportar explosivos (IED, *Improvised Explosive Devices*) o materiales peligrosos (químicos, biológicos, radiológicos o nucleares), a un muy bajo costo relativo, pero con efectos significativos en contra de los objetivos no protegidos.



Representación de una visión general de los componentes del UAS y su posición relativa a las fuerzas propias en los diferentes dominios. En la imagen también se presentan opciones para el empleo de contramedidas C-UAS (ISR, FP, AI, SOF, AD, EMO)³².

³² Op. Cit. A Comprehensive Approach to Countering Unmanned Aircraft Systems, pág 16-20.

En términos del dominio aeroespacial, se entiende que los UAS más grandes pueden operar a altitudes de hasta 30.000 pies, y en algunos casos aún más alto. En general, la sección transversal del radar (RCS) de estos UAS es comparable a cualquier otra aeronave tripulada, por lo tanto, puede ser detectada y neutralizada por la mayoría de los sistemas de defensa aérea y antimisiles (AMD) existentes en la actualidad.

Sin embargo, el empleo de UAS más pequeños (sUAS, *small UAS*) en grandes cantidades o en enjambre, con sistemas producidos en masa y a bajo costo, pueden alterar rápidamente la relación costo-beneficio de la tecnología tradicional de la defensa aérea y en algunos casos, volverlas completamente ineficientes. Ello conlleva la necesidad de replantearse el estudio y análisis de las capacidades C-UAS disponibles, de manera de hacer frente a esta creciente amenaza.

En ese sentido, las amenazas y riesgos que representan los drones pequeños (sUAS, *small UAS*), se pueden resumir en 1) Ataque; 2) Sabotaje; 3) Observación maliciosa (o ISR), y; 4) Operación no autorizada, principalmente aeropuertos, eventos con gran afluencia de público, infraestructura crítica, etc.

B.- CAPACIDADES OPERACIONALES BÁSICAS PARA UNA CAPACIDAD C-UAS.

Las recientes experiencias en combate, han demostrado que para contrarrestar las amenazas o riesgos que presenta el uso malicioso de drones, en especial contra drones pequeños (sUAS), es imprescindible contar con tres capacidades operacionales básicas, que son:

- 1) La capacidad de detectar e identificar los drones (**capacidad de detección**);
- 2) La capacidad de reaccionar a su amenaza, si así se clasifican (**capacidad de reacción**), y;
- 3) La capacidad de neutralización o captura (**capacidad de neutralización**), la que puede llegar incluso a la destrucción de los drones objetivos.

Cada una de estas capacidades operacionales básicas C-UAS, son explicadas brevemente a continuación.



Representación gráfica de las amenazas o riesgos de drones, junto con las Capacidades Operacionales Básicas inherentes para lograr una Capacidad C-UAS contra drones pequeños. Confección del autor.

1.- Capacidad de Detección.

La capacidad operacional esencial y primordial de una capacidad C-UAS es la de Detección. Es decir, saber cuándo aparece la amenaza, dónde se encuentra (o en el caso de un enjambre de drones, dónde se encuentran las múltiples amenazas) e idealmente, dónde se encuentra su operador. Este primer paso es crucial, ya que el tiempo de reacción es uno de los factores más críticos. Por ende, la detección debe ocurrir en el momento más temprano posible y a la distancia medible más lejana³³.

Las opciones para contar con esta capacidad van desde la detección por Vigilancia Humana, pasando por sensores Acústicos, Electro Ópticos (EO), Infrarrojos (IR), Termal y de Radio Frecuencia (RF), hasta llegar a la capacidad de detección Radárica.

Cada una de estas opciones posee ventajas y limitaciones, por lo que generalmente, se busca la integración entre ellas, a fin de garantizar una detección efectiva, 24/7, en toda condición de tiempo, de día o de noche, en ambiente libre o saturado de emisiones electromagnéticas o, incluso, con distintos grados de automatización, para superar las naturales deficiencias humanas. Lo anterior, de acuerdo con la complejidad de los requerimientos operacionales que se formulen.

A continuación, un resumen de los aspectos principales de cada forma de detección.

³³ Op. Cit. A Comprehensive Approach to Countering Unmanned Aircraft Systems, pág 80.

a.- Detección por Observación Humana.

La capacidad de detección más básica es la detección por observación humana. Si bien es factible, presenta una serie de limitaciones, partiendo por el tamaño diminuto de algunos drones, su fácil ocultamiento utilizando el terreno y su empleo en bajas condiciones de luz o de noche.

DETECCIÓN:

Vigilancia humana

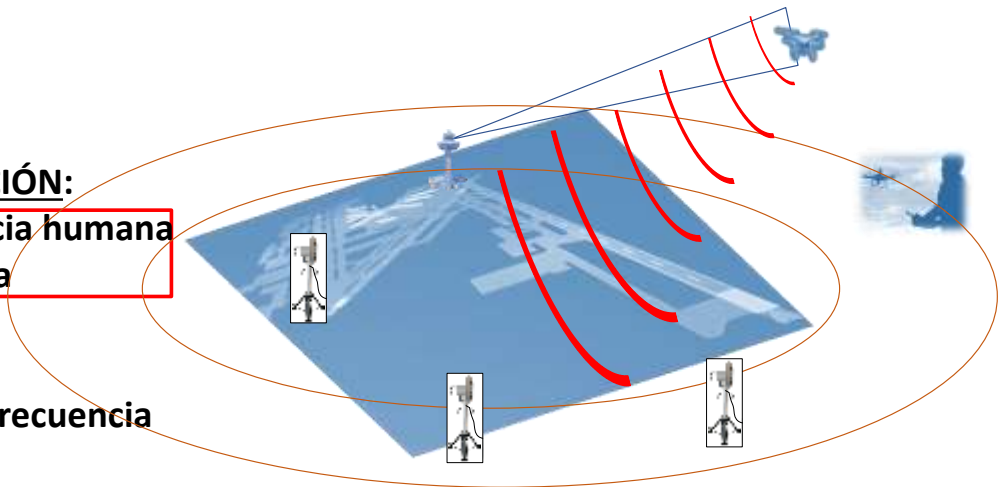
Acústica

EO/IR

Termal

Radio Frecuencia

Radar



Representación de las capacidades de detección de drones mediante vigilancia humana y acústica. Confección del autor.

Además de las limitaciones en su detección, se suman las dificultades de identificación a simple vista, ya sea por tipo de modelo, o del tipo de guiado que se encuentre utilizando, por lo que normalmente, se requiere complementar la observación con información de otras fuentes, tales como el análisis de radiofrecuencias. Todo ello, dificulta las capacidades de clasificación de los drones observados como “amigo o enemigo”, un paso esencial para pasar a las etapas de interceptación o neutralización, lo que no hace aconsejable basar la capacidad de detección de drones en sólo la observación humana.



Fotografía: Un equipo anti-drones ucraniano usando un haz buscador de luz para detectar drones rusos durante la noche. Fuente: Gobierno de Ucrania.

A pesar de las dificultades, la observación humana puede llegar a tener una gran efectividad, cuando se emplea a toda la población como un sensor. Tal fue el caso de Ucrania, que desarrolló localmente la aplicación "EPPO" para celulares, que permite a sus ciudadanos reportar la observación de drones y misiles rusos. Los usuarios de la app apuntan la cámara de su teléfono hacia el dron o misil y presionan un botón para guardar su ubicación, la que se transmite a una central de datos.



Representación gráfica de la app EPPO de Ucrania, para reporte ciudadano de avistamiento de drones, aviones o misiles rusos.

En solo 2-7 segundos, los datos aparecen en todos los mapas de defensa aérea. Además, el sistema utiliza inteligencia artificial para predecir la trayectoria de los objetivos, ayudando a los equipos móviles de defensa antiaérea a eliminar las amenazas.

Además, el programa también tiene una función "Viene hacia ti", que advierte directamente a los usuarios que un misil o dron puede dirigirse en su dirección. De acuerdo a sus administradores, la app EPPO permite una cobertura de un 80% de los cielos ucranianos³⁴.

b.- Detección Acústica.

El uso de sensores acústicos, es una modalidad de detección cada vez más utilizada en el monitoreo de drones, especialmente en contextos militares. A diferencia de los radares o los sistemas de detección por radiofrecuencia, los sensores acústicos no emiten señales que puedan ser detectadas, lo que los hace ideales para operaciones encubiertas.

³⁴ Ukrinform, *EPPO app helps Ukraine close sky by 80%*. Obtenida de <https://www.ukrinform.net/rubric-ato/3930665-eppo-app-helps-ukraine-close-sky-by-80.html>.

Adicionalmente, son de bajo costo y fácil implementación y pueden detectar drones autónomos que no utilizan radiofrecuencias en su operación.

Aunque el alcance individual de cada sensor es limitado, (generalmente entre 300 y 500 metros), y su efectividad puede verse afectada por condiciones meteorológicas, como el viento o cambios de temperatura, su cobertura puede alcanzar valores operacionalmente aceptables, al operar en redes o formar parte de sistemas híbridos, con otras fuentes de detección.

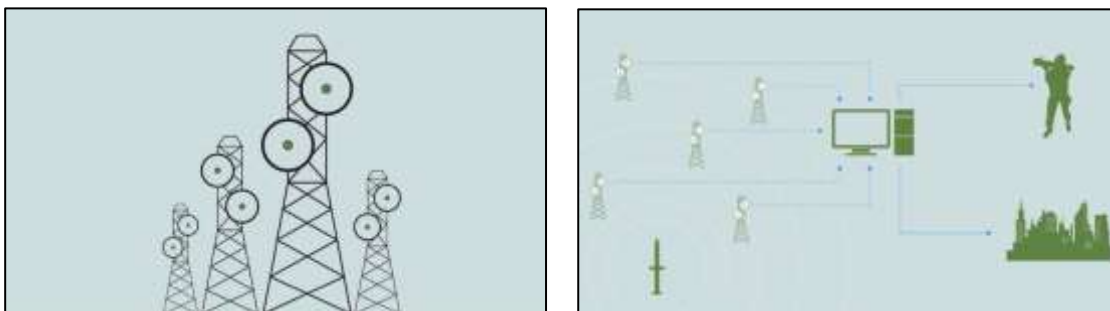
Los sistemas de detección acústica de drones operacionales consisten en un conjunto o arreglo de micrófonos que permiten determinar la ubicación de la fuente. Los datos de escucha son procesados por un software que elimina el *clutter* de fondo, enfocándose en el ruido producido por las palas y/o el motor del UAS, comparándolo con la base de datos de firmas acústicas. Al igual que la detección por Radiofrecuencias (RF), se necesita contar con una biblioteca actualizada de firmas acústica de drones para ser efectivos en su identificación. En la actualidad, la capacidad de proceso y la efectividad de los sistemas acústicos han mejorado notablemente gracias a la incorporación de inteligencia Artificial (IA).

La aplicación efectiva de estos sistemas se ha evidenciado en Ucrania, en donde la empresa ucraniana *Zvook* ha sido pionera en el uso de sensores acústicos para detectar amenazas aéreas. Para ello, desplegó redes de micrófonos de alta calidad cerca del frente de batalla para identificar firmas acústicas específicas, formando una base de datos que incluye desde pequeños drones hasta misiles y aviones tripulados.

Estos micrófonos están equipados con algoritmos de inteligencia artificial que filtran los sonidos ambientales generados por la actividad civil, lo que mejora la precisión del sistema.³⁵

Para ampliar su alcance, *Zvook* también ha desarrollado “espejos acústicos”: dispositivos en forma de platos curvos de aproximadamente medio metro de diámetro que concentran las ondas sonoras hacia los micrófonos, aumentando su cobertura. Estos espejos suelen estar ocultos en torres de telefonía móvil y funcionan con energía solar, lo que permite su operación autónoma y discreta.

³⁵ <https://euromaidanpress.com/2023/03/03/hear-and-destroy-ukrainian-artificial-intelligence-project-zvook-helps-shoot-down-russian-missiles/>



Representación gráfica de las torres con sensores acústicos y su operación en red conectada a procesadores con IA, operando en Ucrania. El sistema fue diseñado por la empresa Zvook, cuya traducción al español es Sonido. Fuente: Empresa Zvook.³⁶

En conclusión, los sensores acústicos representan una solución innovadora y de bajo costo para la detección de drones, especialmente en zonas de conflicto. Aunque tienen limitaciones, su capacidad para operar de manera pasiva y su facilidad de integración los convierten en una herramienta valiosa cuando se combinan con otras tecnologías de detección tales como radares, cámaras o sistemas de radiofrecuencia, además de sistemas de procesamiento con IA.

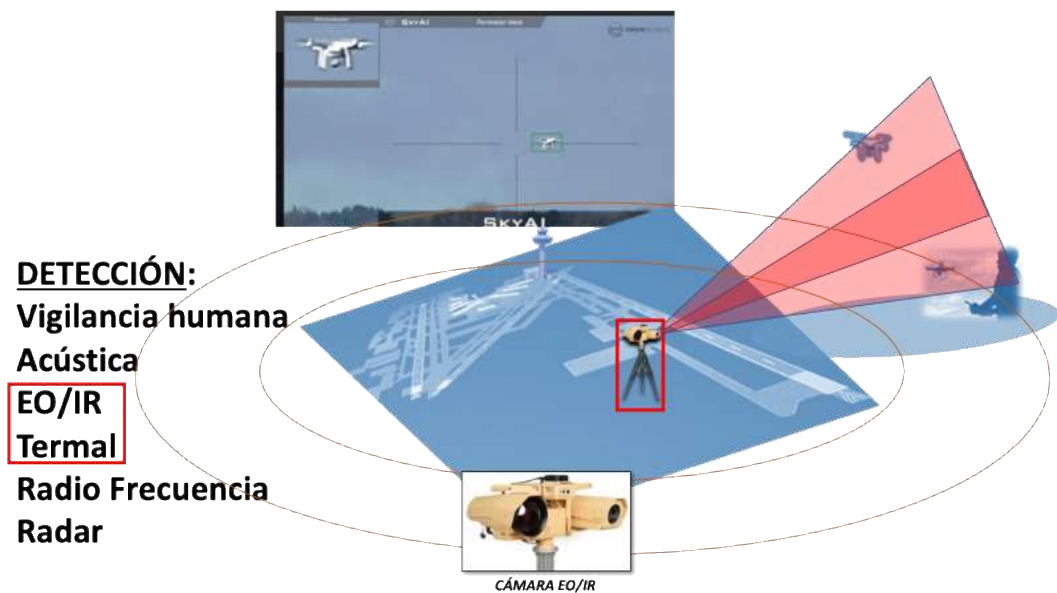
c.- Detección Óptica (EO/IR)

El equipamiento óptico para detección de drones incluye principalmente cámaras electroópticas (EO) e infrarrojas (IR), utilizadas de forma independiente o combinada (EO/IR). Estos sistemas ofrecen capacidades críticas para la identificación visual y clasificación precisa de objetos aéreos, permitiendo evaluar si constituyen una amenaza real o un riesgo menor. Por esta razón, suelen integrarse con otros sensores en las denominadas soluciones antidrones multisensor.

En los sistemas ópticos EO o EO/IR existe un compromiso entre el campo de visión (FOV) y el alcance de detección: cuanto más amplio sea el ángulo de monitoreo, menor será el alcance efectivo. Por ello, se utilizan sistemas de cámaras móviles tipo Pan-Tilt-Zoom (PTZ) que permiten ampliar el campo y enfocar en áreas específicas bajo seguimiento activo.

La tecnología óptica ha mejorado considerablemente gracias a los avances en inteligencia artificial (IA) y el procesamiento digital de imágenes, incorporando algoritmos de detección automática y clasificación de alta precisión para aeronaves no tripuladas (UAS), incluso a partir de patrones térmicos o de comportamiento en vuelo.

³⁶ <https://www.zvook.tech/en>



Representación de las capacidades de detección de drones mediante sensores EO/IR y térmicos. Confección del autor.

En beneficio de brindar soluciones prácticas y móviles costo-efectivas, es necesario prever que los equipos ópticos actúen en forma conjunta con radares de detección de drones y equipos de detección de RF, que integren la capacidad de neutralización de drones mediante jamming o interferencia, a efectos de reducir costos de integración.



En las imágenes se observa un sistema de cámaras EO/IR usado para la detección y traqueo de sUAS (Izquierda). La superposición roja (derecha) representa "objeto dron" rastreado por el software DroneOptID de DroneShield³⁷.

Los equipos de detección óptico tienen la ventaja de ser empleados generalmente en forma portátil, de fácil despliegue en distintos escenarios. La tecnología óptica disponible permite contar con capacidad de observación día/noche, con sensores térmicos, traqueo automático y sistemas de procesamiento de video externo con capacidad de grabación, lo que constituye un elemento esencial para

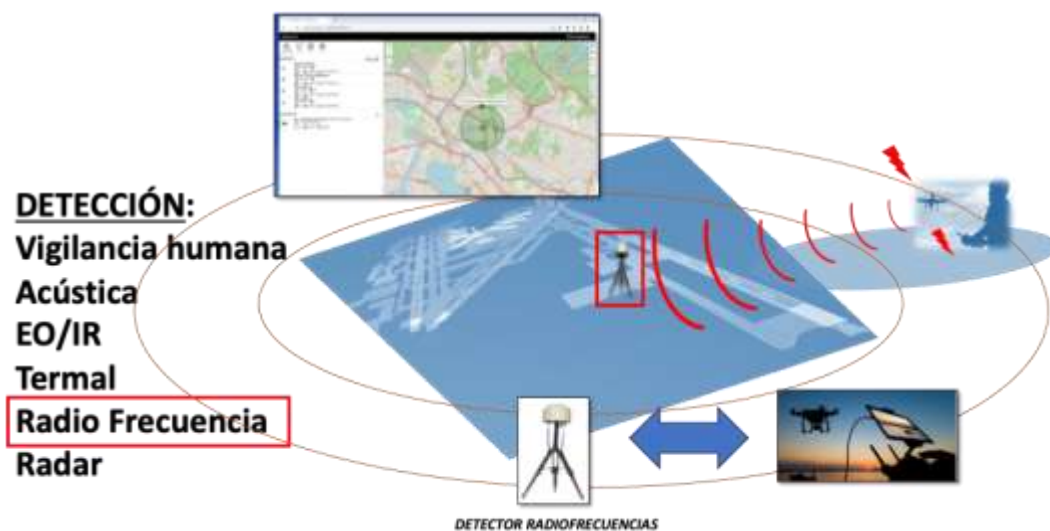
³⁷ DroneShield. *C-UAS Factbook*. 7a. Edición, noviembre de 2022, pág. 20-21.

registro de evidencia forense, generalmente requerida en operaciones C-UAS de seguridad y defensa.

La mayor aplicación de los sistemas ópticos, es cuando actúan en un sistema multisensor. Las cámaras ópticas pueden funcionar en una función anclada a la detección que proporcionen otros sensores, para enfocarse en el UAS y seguirlo en forma automática. Adicionalmente, los sistemas ópticos con gran acercamiento (*zoom*), que usan procesamiento de imágenes con IA más avanzados, resultan muy útiles para identificar la potencial carga útil del dron, para efectos de análisis de la amenaza³⁸.

d.- Detección por Radio Frecuencia (RF).

La detección pasiva de las radios frecuencias usadas en las operaciones de los UAS son una fuente fundamental de información para un sistema C-UAS eficaz. Los sensores de detección por RF, son por lo general de naturaleza "pasiva" y no transmiten emisiones electromagnéticas. Esto permite que estos sistemas funcionen sin causar interferencias en las redes de comunicaciones propias o en los sistemas operativos, o sin ser detectados por los sensores de los drones o por sus operadores. La excepción a los sistemas pasivos de RF es aquellos que utilizan activamente la manipulación de protocolos, intentando "*hackear*" los UAS.

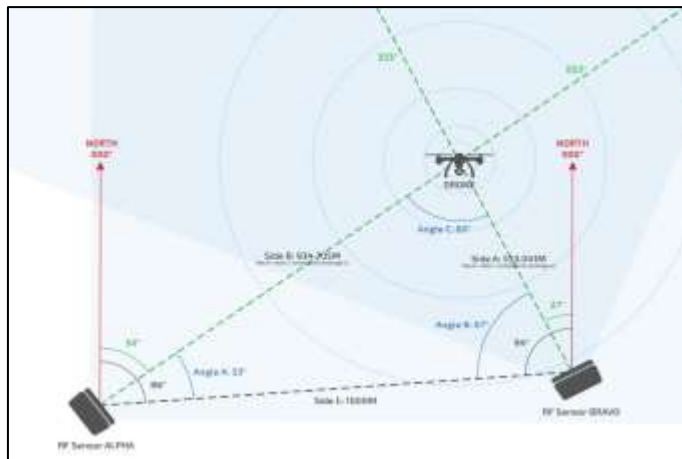


*Representación de las capacidades de detección de drones mediante RF.
Confección del autor.*

Los sensores de RF no sólo permiten detectar la presencia de drones, sino que también, proporcionan información de la ubicación de sus operadores y de los protocolos de comunicación utilizado con los UAS, la que ayuda a su clasificación y en la elección de las contramedidas a emplear.

³⁸ Ibid., pág. 20.

Los sistemas basados en RF existentes en la actualidad abarcan una amplia gama, que varía de acuerdo a su calidad, rango de frecuencias cubiertas, biblioteca de firmas de RF (que le permiten identificar los drones), su capacidad para determinar dirección en azimut (DF, *Direction Finder*) y para localizar tanto al UAS como a su controlador.



Representación gráfica del uso de la intersección de RF de la ubicación de un dron (usando dos sensores)³⁹.

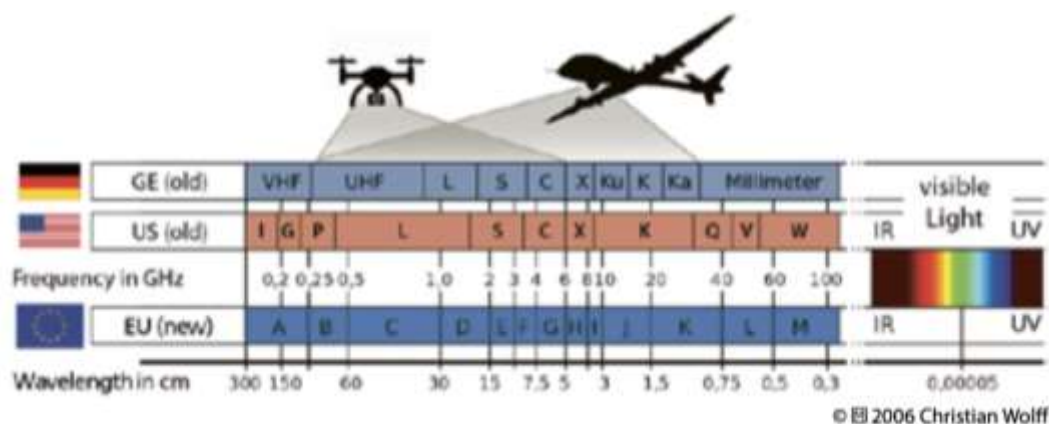
En general, los sensores de RF pueden proporcionar un alcance de detección mayor que los demás sensores. En algunos casos, la capacidad RF-DF también, permite proporcionar una capacidad de geolocalización similar al radar.

Por otra parte, el nivel de autonomía en la operación de los UAS está marcado por los sistemas de navegación y comunicaciones que emplean, lo que puede ser detectado por los sensores de RF.

Por lo general, el control de los UAS se lleva a cabo a través de un enlace de radio LOS o BLOS. Dependiendo del nivel de autonomía del sistema, este enlace está activo de forma permanente o sólo bajo demanda. Los enlaces de radio de UAS abarcan desde redes inalámbricas comunes hasta frecuencias de comunicaciones por satélite dedicadas en la banda Ku. El próximo estándar de comunicaciones 5G utilizará frecuencias aún más altas, lo que permitirá mejorar las capacidades de control a través de las aplicaciones de teléfonos móviles.

Un resumen de las bandas de frecuencias empleadas por los sistemas UAS de la OTAN, la Unión Europea (EU) y los EE.UU., se muestran en la representación gráfica a continuación.

³⁹ Ibid., pág. 15.



Representación gráfica de las bandas de frecuencias UAS más usadas por EE.UU., la UE y Alemania⁴⁰.

La detección de drones basada en RF puede ser una solución adaptable a los requerimientos operacionales, al poder ser empleados tanto como dispositivos portátiles o en sitios fijos, además de incorporarse en vehículos para operaciones "en movimiento".

Con la llegada de los drones de navegación autónoma y los controlados por LTE⁴¹, la pregunta es cómo evolucionará la tecnología de detección RF de UAS en el futuro. Si bien muchos de los llamados UAS autónomos todavía necesitan emitir datos de telemetría o transmisión video, lo que los hace detectables por parte de los sensores de RF, existen drones completamente silenciosos de RF, como los UAS piloteados por fibra óptica.

Por el momento, existe una amplia gama de equipos y empresas que pueden cubrir la capacidad de detección por radiofrecuencias, con soluciones prácticas y móviles costo-efectivas. Esto los convierte en una opción muy aconsejable, si pueden, además, actuar en forma conjunta con otros sensores, tales como las cámaras EO/IR y los radares de detección de drones, aumentando la efectividad del sistema, ante una grama de amenazas más amplia.

e.- Detección por Radar.

La capacidad de detección radar es clave para garantizar **la detección de todo tipo de UAS**, sean estos guiados por operadores remotos o de vuelo de programación autónoma, algunos incluso en forma independiente de información GPS o GNSS.

⁴⁰ Ibid, pág 95.

⁴¹ Long-Term Evolution (LTE) es un estándar para la comunicación inalámbrica de banda ancha para dispositivos móviles celulares y terminales de datos.

DETECCIÓN:

Vigilancia humana

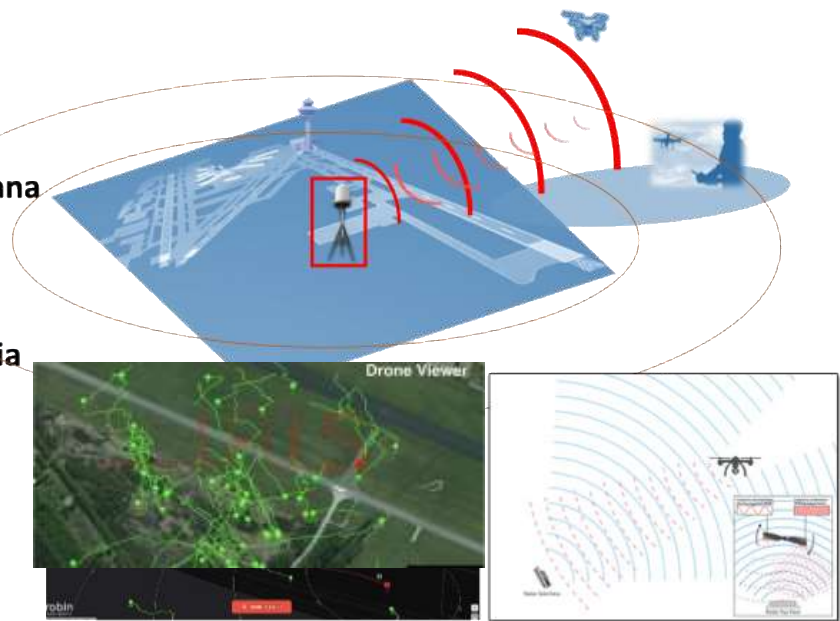
Acústica

EO/IR

Termal

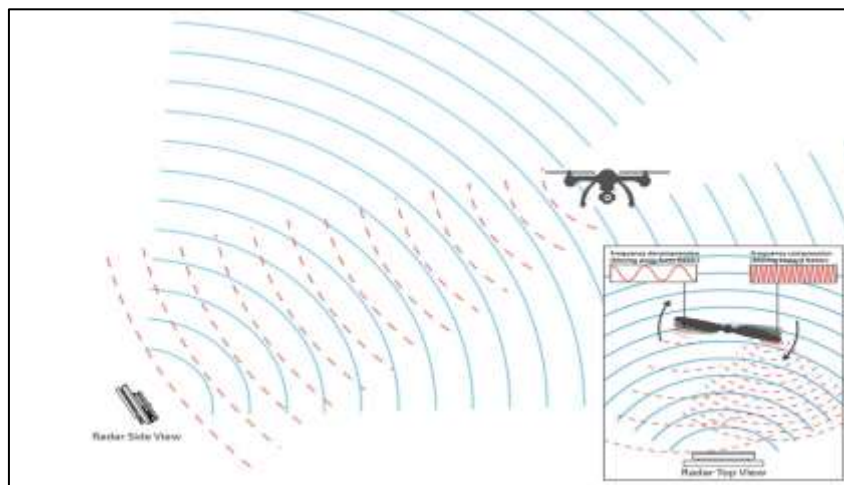
Radio Frecuencia

Radar



*Representación de las capacidades de detección de drones por Radar.
Confección del autor.*

Para el caso de los drones pequeños (sUAS), la detección radárica ofrece el mejor alcance y la cobertura más amplia de cualquier solución de detección. Los sistemas radar no se ven afectados por el clima y la baja visibilidad, pueden traquear blancos múltiples y, a diferencia de los observadores humanos, nunca descansan. Los radares de drones 3D especialmente diseñados también pueden distinguir entre aves y drones para proporcionar un conocimiento completo de la situación.



Representación de la metodología Doppler utilizada en la detección de drones pequeños⁴².

⁴² Op. Cit. C-UAS Factbook, pág. 18.

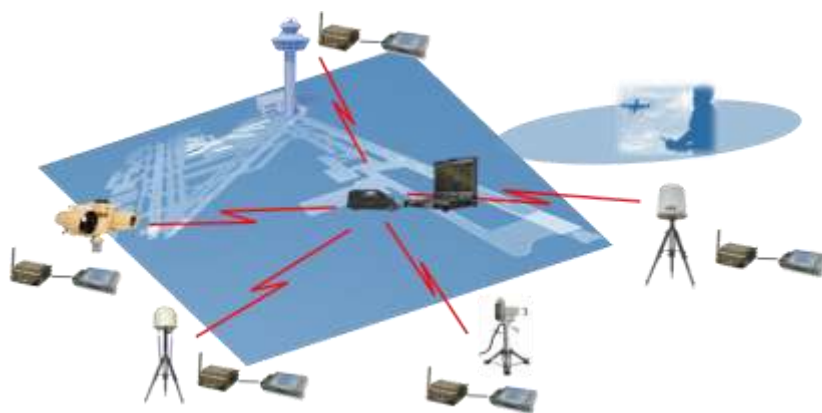
Las opciones más costo-eficientes para proveer una capacidad de detección radar son aquellos sistemas de detección que permitan una alta precisión en la localización de drones, mediante el uso combinado de sensores radáricos con tecnología *Micro Doppler*, asociados a algoritmos de procesos basados en Inteligencia Artificial. En estos casos, el alcance típico bordea los 5 km, dependiendo del tamaño de dron.

Adicionalmente, los sistemas de detección radar de drones permiten una perfecta integración de otros elementos de vigilancia, lo que garantiza alcanzar una completa *Conciencia Situacional* en la operación de Drones, o "*Drone Situational Awareness*".

Esta condición requiere de una correcta y oportuna **Clasificación** de los drones presentes en un determinado espacio aéreo, para poder entregar la **Alerta** a las unidades o sistemas bajo protección y, a la vez, activar el paso a la acción siguiente, de reacción, en caso de considerarse la operación de un dron como amenaza o riesgo. Esta certeza requiere la integración de la capacidad de detección radar.

f.- Sistemas de Detección C-UAS con multisensores.

Para sobrellevar las limitaciones inherentes a cada tipo de detección, en la actualidad se utilizan sistemas de detección de UAS multisensores o integrados, que incorporan una combinación de las capacidades de detección visual, por sensores acústicos, de RF y sensores radáricos, además de sensores ópticos y térmicos, de acuerdo los requerimientos operacionales de los usuarios. Esta combinación de sensores proporciona una defensa contra drones utilizando múltiples "capas" de detección.



*Representación de las capacidades de detección de drones utilizando una combinación integrada de sensores visuales, EO/IR, acústicos, de RF y Radar.
Confección del autor.*

Estas capas mitigan las posibles brechas de capacidad del método basado en un sensor único, haciendo al sistema más completo y complejo, sin embargo, la integración de software y protocolos pueden ser complejas y tener un mayor costo en comparación con las soluciones de un solo método.

Artículo Nº 24 /2025 CAPACIDADES C-UAS (Counter-Unmanned Aerial Systems) 2 Parte



Por Manuel Quiñónez Sígala. General de Aviación en situación de retiro. Ex Director Ejecutivo CEEA. Profesor de la Academia de Guerra Aérea de la Fuerza Aérea de Chile. Investigador Asociado al CEEA.

11 de septiembre de 2025. 10 Min. Lectura.

Continuación:

2.- Capacidad de Reacción.

La segunda capacidad básica C-UAS esencial es la Capacidad de Reacción, que considera las actividades asociadas a la **Defensa e Interceptación**, de uno o más drones, una vez que han sido clasificados como de riesgo o amenaza.

a.- Acciones de Defensa Pasiva contra Drones.

Dentro de las acciones de **Defensa Pasiva** contra drones, se cuentan las acciones de protección física, tendientes a minimizar las vulnerabilidades materiales de los elementos protegidos y varían dependiendo de la naturaleza civil o militar de las acciones.

En el caso de las instalaciones militares, especialmente las bases aéreas, la protección más adecuada es el empleo de shelters o refugios endurecidos, que mitigan y disminuye los riesgos de los ataques directos con drones.

Las acciones de defensa del tipo pasivo son efectivas, siempre y cuando se cuenta con un sistema de alerta efectivo, es decir, que integre de los sistemas de detección e identificación de drones con los equipos de los Sistemas de Mando y Control existentes.

Para los efectos de una efectiva integración, deben procurarse sistema que utilicen protocolos de comunicación interoperables y automatizados.

b.- Acciones de Interceptación de Drones.

En el caso de las actividades asociadas a la Interceptación de Drones, éstas se refieren a elementos que permiten clasificar los drones, entregar las alertas correspondientes y activar la fase siguiente de neutralización de drones, de ser necesario, de acuerdo a la naturaleza o tipo de dron que constituye la amenaza o riesgo.

Para identificar drones, se requiere normalmente una suma de las capacidades de detección, cuyos sensores transmiten la data a un sistema o software central, que es capaz de distinguir entre los drones en uso por las fuerzas propias, y aquellos no autorizados o catalogados como de riesgo o amenaza. Ello requiere de altos niveles de integración, que permita la representación de la situación para un correcto *Drone Situational Awareness*, conducentes a una apropiada alerta de defensa pasiva y a las acciones de interceptación.



*Representación gráfica de la Capacidad de Reacción antidrones.
Confeción del autor.*

Para los requerimientos de integración, existen empresas en el país con una amplia experiencia en sistemas de comunicaciones y de mando y control, las que unidas a las de los proveedores de los sistemas de detección e interceptación, permitirían asumir estas responsabilidades, constituyéndose en una oportunidad de generar capacidades a nivel nacional.

Al igual que en las capacidades de integración de sensores y equipos, existe una amplia gama de equipos y empresas que pueden cubrir la capacidad de reacción mediante alertas, a fin de asumir la interceptación y posterior neutralización o captura. Las alertas son normalmente cubiertas por los sistemas de comunicaciones ya existentes en las instituciones. Sin embargo, se debe buscar la capacidad de configurar sistemas especiales multibandas y encriptados, de acuerdo a las necesidades particulares de cada institución.

3.- Capacidad de Neutralización.

La capacidad operacional básica final de las actividades C-UAS, es la Capacidad de Neutralización, que considera las actividades asociadas a la ***Neutralización, inhibición, destrucción o captura*** de uno o más drones clasificados como riesgo o amenaza.

Las soluciones de neutralización, inhibición, destrucción o captura de drones disponibles incluyen soluciones del tipo ***soft-kill*** (no cinéticas) y ***hard-kill*** (cinéticas).

Las soluciones *soft-kill* implican métodos que no dañan físicamente a los drones, tales como los sistemas de interferencia de RF o de *hacking* de drones.

Por otra parte, las soluciones *hard-kill* afectan físicamente al dron mediante otro objeto, un proyectil o por energía dirigida. Estas soluciones van desde “drones caza drones”, hasta soluciones como equipos láser y el uso de municiones de distintos tipos y calibres.

Las soluciones *soft-kill* suelen conllevar menos riesgos de daños colaterales debido a su naturaleza no cinética y son más sutiles y discretas en su funcionamiento. Como resultado, los métodos cinéticos y de *hard-kill* se reservan casi exclusivamente para el uso militar y de fuerzas de seguridad estatales, con pocas excepciones.

Otro tema presente en las capacidades de neutralización de drones, es el aspecto legal. En forma especial, debe asegurarse la correcta asignación de autorizaciones para contrarrestar el accionar de drones en tiempos de paz, lo que puede variar entre los países o por el tipo de restricción impuestas en zonas críticas, tales como aeropuertos, alrededor de la infraestructura crítica o en eventos públicos masivos.

Aunque se utilizan en forma generalizada, incluso los métodos no cinéticos requieren de diferentes niveles de autorizaciones para operar, lo que se aplica tanto para civiles como para las agencias gubernamentales.

En el caso de los drones que son piloteados por un operador remoto (RPAs), se utiliza las emisiones electromagnéticas asociadas a su operación, tanto para ayudar a su detección y localización, como para su neutralización (también llamadas técnicas de inhibición de RF), llegando incluso a la detección y localización geográfica del propio operador.

Las técnicas más comunes contra este tipo de drones lo constituyen el *Jamming* (interferencia electromagnética) de su señal de guiado, el *Spoofing* (o engaño de la señal GPS que recibe el dron, afectando su navegación) y el *Hacking*, que permite al interceptor interferir en los códigos de comando contenidos en la señal de guiado, pudiendo llegar a tomar el control de vuelo completo del dron afectado.

El detalle de las técnicas de neutralización de drones (especialmente de los sUAS) se comentan en los puntos siguientes.



*Gráfica: Representación de la capacidad de Neutralización/Inhibición de drones.
Confección del autor.*

a.- Neutralización o Inhibición por Interferencia Electromagnética (Jamming).

Los inhibidores de RF (o *Jamming* de RF), transmiten en la misma frecuencia que utiliza un UAS para comunicarse con el controlador u operador. Cuando la señal de interferencia es más fuerte en el UAS que la señal del controlador al dron, el UAS pierde su conexión y se ve obligado a entrar en un protocolo de emergencia preestablecido para volar de regreso a su punto de partida, flotar en vuelo estacionario o aterrizar.

Los UAS comerciales más comunes se comunican dentro de bandas de frecuencia conocidas, tales como las de 2,4 GHz y 5,8 GHz. El UAS utiliza estas frecuencias para comunicarse con su controlador y para la visualización de vídeo en primera persona (FPV). Otras bandas de frecuencia de RF menos comunes utilizadas comercialmente incluyen las de 433 MHz y 915 MHz ISM.

El diseño del inhibidor puede ser direccional u omnidireccional (360 grados). La interferencia omnidireccional proporciona una cobertura de defensa más amplia, mientras que las soluciones direccionales o basadas en sectores ofrecen más precisión y mitigan las interferencias colaterales o no deseadas.

Las certificaciones de seguridad son un aspecto fundamental a considerar para la selección de los equipos de interferencia. Los equipos más baratos pueden exponer al operador a un exceso de energía de RF, poniendo con el tiempo en riesgo su salud⁴³. En el mejor de los casos, debe considerarse contar con equipamiento y laboratorios

¹ Op. Cit. C-UAS Factbook, pág. 22.

propios, que permitan asegurar una certificación de seguridad acreditada de primera fuente.

Los inhibidores suelen integrarse con los dispositivos de detección de RF, como un sólo dispositivo que comparte las mismas antenas, lo que produce una solución compacta y totalmente integrada de detección y desactivación.

Si bien no es una panacea para todos los tipos posibles de drones, la interferencia de señales está considerada como una de las técnicas más costo-efectivas en el ámbito las capacidades C-UAS⁴⁴. Lo anterior significa, que esas capacidades pueden desplegarse en un número mucho mayor de unidades de nivel táctico, en lugar de limitarse sólo a algunas unidades más especializadas.

Sin embargo, hay que tener presente que esa técnica no cubre la detección y posterior neutralización de los llamados drones autónomos, los que son cada vez más comunes en el ámbito de las amenazas militares.

b.- Neutralización o inhibición por Interferencia de la señal GPS (Spoofing) que reciben los drones.

El GPS es el sistema GNSS más conocido, pero también existen a nivel global los sistemas GLONASS (ruso), Galileo (Europa), BeiDou (chino), QZSS (japonés) y NavIC (indio).

En tal sentido, los drones comerciales y de alto consumo suelen venir con múltiples capacidades GNSS.

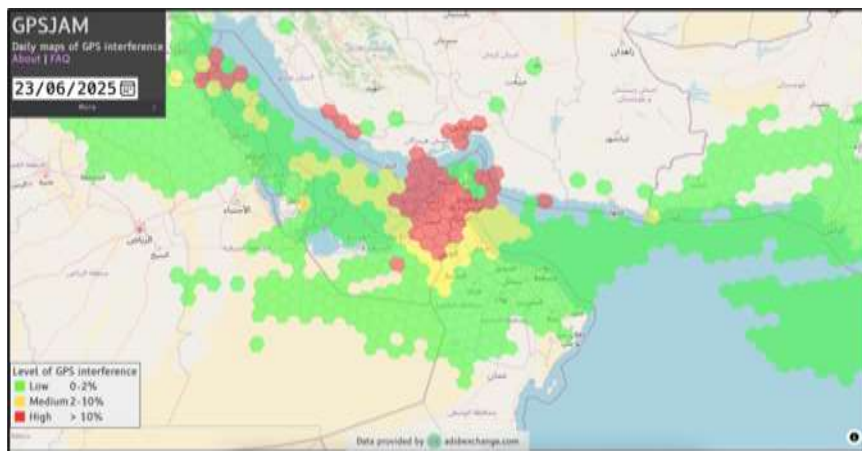


Imagen: Visualización de la capacidad de interferencia de GPS o Spoofing de área, en preparación a los ataques a la Base Aérea de Al-Udeid en Qatar por parte de Irán⁴⁵.

² Ibid.

⁴⁵ Fuente: <https://gpsjam.org>.

Si se interfiere la frecuencia de RF de un dron, este aún puede utilizar GNSS para volar de regreso a su punto de origen o continuar a lo largo de una ruta de navegación preprogramada.

Al interferir tanto la señal de RF como la de GNSS, el UAS se separa de sus enlaces de comunicación y navegación y no puede volar a casa ni continuar su trayectoria de vuelo preprogramada.

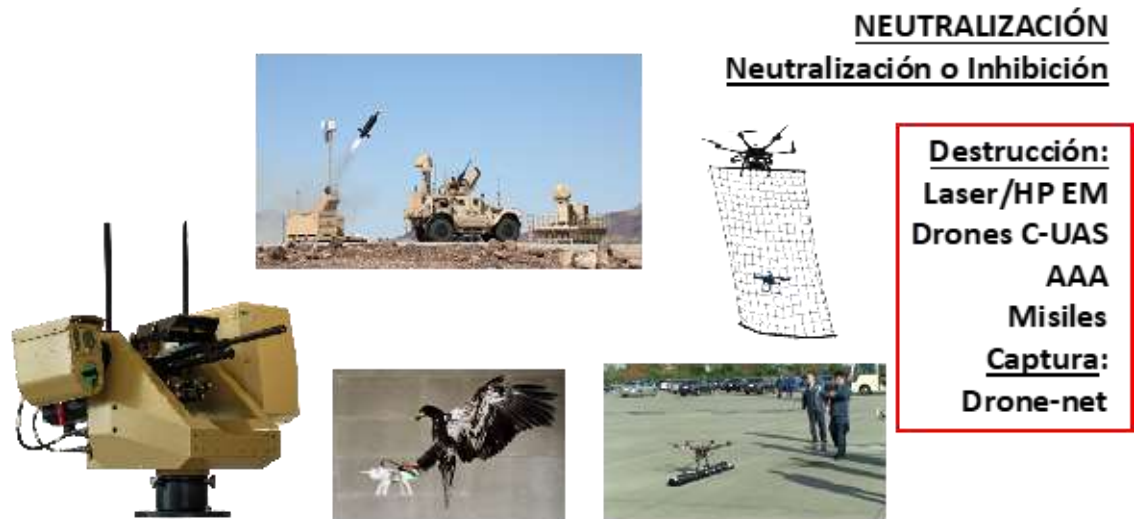
Los equipos comerciales de interceptación o inhibidores de drones suelen contar con una capacidad adicional de spoofing de señal GNSS, que cubre una o más fuentes de señal de navegación. Por otra parte, dependiendo de las capacidades del dron, una vez interferido éste puede intentar aterrizar en el lugar o flotar hasta que se agoten las baterías.

c.- Neutralización o inhibición por suplantación de identidad del operador, manipulación de protocolos o interferencias cibernéticas (Hacking).

La suplantación de identidad o "*hacking*", implica una forma de manipulación del protocolo de guiado. Este método incluye imitar al controlador y obtener el control del dron actuando como controlador. Cuando tiene éxito, esta técnica permite que el sistema redirija el dron, lo que puede de mucha utilidad, especialmente para análisis del operador y de la amenaza. La suplantación de identidad también puede incluir la suplantación de la señal GNSS, lo que desvía efectivamente la dirección del dron.

Una limitación importante de este enfoque, es que las técnicas de suplantación de identidad no son eficaces contra todos los tipos de drones, por lo que siempre existe el riesgo de penetrar el sistema de protección.

Otro aspecto a considerar, son los aspectos legales respecto de la manipulación de protocolos, la que puede requerir permisos o autorizaciones judiciales para su empleo.



*Representación gráfica de la capacidad de Destrucción o Captura de drones.
Confección del autor.*

d.- Interceptación de Drones mediante Energía Irradiada (Directed Energy).

Los métodos de interceptación y destrucción de drones mediante energía irradiada dirigida incluyen sistemas láser y de microondas de alta potencia. Estos métodos se encuentran en sus primeras etapas de desarrollo y actualmente se está evaluando para aplicaciones militares más masivas, siendo su mayor desventaja los costos de fabricación y mantenimiento.

e.- Interceptación y captura de drones mediante “Drones C-UAS”.

Los drones contra-drones (*Drones C-UAS*) son por lo general del tipo autónomo, y utilizan la energía cinética para derribar en el aire a los drones objetivos (estilo *kamikaze* aire-aire). También, se han desarrollado “drones caza drones”, que atrapan o inutilizan los drones objetivo mediante el uso de redes colgantes (*Drone-net*), o redes disparadas por un dron hacia el objetivo. Esta técnica también se utiliza desde tierra, mediante cañones que usan municiones modificadas tipo red.

Estas técnicas tienen dificultades para escalar, especialmente contra enjambres de drones, además de que el enfoque kamikaze agrega un alto riesgo de daños colaterales o lesiones en caso de ocurrir sobre público.

f.- Sistemas combinados de interceptación y neutralización C-UAS.

Al igual que con los métodos de detección, la interceptación y neutralización de drones mediante el uso de defensas multi-capas, proporciona robustez y efectividad contra diversas amenazas UAS, y son altamente recomendables.

Los enfoques combinados o multi-capas pueden incluir opciones de eliminación tipo *soft-kill* y de *hard-kill*, de manera de optar por múltiples estrategias para que el usuario pueda emplear la contramedida ideal basada en los cambios en tiempo real dentro del entorno operativo u objetivo, tal como se verá en los puntos siguientes.

III. CAPACIDADES C-UAS, DE ACUERDO A LOS ESCENARIOS PREVISTOS.

Como se estableció en los antecedentes, este artículo responde a la necesidad de conocer respecto de las capacidades C-UAS, y está orientado específicamente contra las actividades de los llamados drones pequeños o sUAS (*small UAS o small UAV*).

Basado en ello, en este capítulo se establecen recomendaciones preliminares para obtener las capacidades C-UAS, de acuerdo con distintos escenarios. Lo anterior, cubriendo las diferentes capacidades básicas, representadas por las fases de detección, reacción identificación y de neutralización o destrucción.

En cuanto a los sistemas que brindan soluciones prácticas, muchos países han optado por incorporar equipos de interceptación y neutralización de drones móviles costo-efectivos, que pueden actuar en forma conjunta con los radares de detección y los sensores de detección de RF y ópticos, utilizando protocolos comunes y probados, reduciendo tiempos y costos de integración.

Asimismo, a fin de lograr una movilidad que permita cubrir áreas mayores o puntos fijos, se ha recurrido al empleo de sistemas de interceptación de drones del tipo Manpack (hombros portados) y de mano (o de empañadura), que dispongan, en el mismo equipo, de las técnicas de *Jamming* (interferencia electromagnética) y de *Spoofing* (o engaño de la señal GPS) que recibe el dron, afectando su navegación.

Para efectos de la incorporación de capacidades C-UAS contra drones pequeños, es importante tener en cuenta las consideraciones del **escenario previsto para su empleo**, el que puede variar desde el escenario menos complejo de protección de instalaciones fijas o de autoridades, pasando por las Operaciones Militares Distintas de la Guerra (MOOTW, por sus siglas en inglés), llegando hasta las operaciones C-UAS en situaciones de Crisis o Conflictos.

Los escenarios descritos influyen en las medidas a adoptar en la detección, reacción y neutralización o inhibición de los drones, especialmente en los tiempos de reacción disponibles, reglas de enfrentamiento asociadas, y el análisis de riesgo de daño colateral o sobre la población o instalaciones críticas, lo que en muchos casos condiciona el uso de opciones cinéticas.

Estas variables, a su vez, condicionan el tipo de **sistemas de mando y control** a emplear, tanto en equipamiento, conectividad y niveles de decisión requeridos.

Paralelamente, es necesario tener en cuenta el **tipo de emplazamiento requerido**, el que puede ser del tipo de emplazamiento fijo, usado principalmente para protección de bases o infraestructura crítica en general; de emplazamiento móvil, basado en vehículos, barcos y/o aeronaves, aplicable a grandes extensiones o protección de fuerzas en movimiento, y; el emplazamiento portátil o de

empuñadura, normalmente empleados por fuerzas de orden y seguridad para protección de puntos fijos o en la protección de autoridades importantes.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, así como los antecedentes y especificaciones genéricas de los sistemas de detección, reacción y neutralización mencionados en el escrito, se llegó a la tabla siguiente, en donde se señalan los escenarios previstos y los distintos tipos de sistemas y equipamiento C-UAS recomendado para la concreción de las Capacidades C-UAS básicas contra drones pequeños.

TIPO DE EQUIPAMIENTO RECOMENDADO	PROTECCIÓN DE INSTALACIONES	MOOTW	CRISIS O CONFLICTOS
Radar de Detección de Drones: - Radar - EO/IR - RF	 Radar 2D Radar 3D	 Radar 3D	 Radar 3D IR/EO
Integración Situación Aérea Local y a la Defensa Aérea del Teatro/Zona de Operaciones	 CIS	 CIS & C2	 CIS & C2
Sistemas Anti Drones Electrónicos y de Captura, Fijos y Móviles	 Drone-net  RF/DF Portátil	 RF/DF & C2 Móvil  RF/DF Portátil	 RF/DF & C2 Móvil  RF/DF Portátil
Sistemas Anti Drones Tipo AAA y MANPADS factibles de integrar a nivel nacional			 AAA  MANPADS

NOTA: Ilustraciones son genéricas y no representan a ningún sistema o empresa en particular.

Tabla: Recomendación de Tipo de Equipamiento Recomendado para Capacidades C-UAS básicas contra drones pequeños. Confección del autor.

IV. CONCLUSIÓN.

Este artículo pone en relevancia el aumento exponencial a nivel mundial en la fabricación y operación de drones aéreos (*Unmanned Aerial Vehicles*, UAV o *Unmanned Aerial Systems*, UAS) con capacidades militares, así como la fácil disponibilidad de estos ingenios a nivel comercial, que incide directamente en la vulnerabilidad a la que se enfrentan las fuerzas militares, sus instalaciones y la infraestructura crítica, tales como puertos y aeropuertos, sistemas de alimentación eléctrica, de combustibles, etc.

Sin duda, el desafío para la seguridad militar que representan los UAS es un "problema perverso" que no puede resolverse con una única solución. La creciente proliferación de drones, tanto militares como comerciales, y su adaptación a nuevos roles operativos, exige un cambio fundamental en la forma en que las organizaciones militares y civiles abordan la seguridad. La cooperación, la inteligencia, la adaptación legal y tecnológica, y una visión proactiva de las autoridades de defensa son pilares indispensables para "domar" la amenaza y mitigar sus impactos.

La velocidad de desarrollo de los UAS requiere que las capacidades C-UAS no se queden atrás, ya que, de lo contrario, las naciones y las Fuerzas Armadas pueden enfrentar una clara y decisiva desventaja en sus próximas operaciones.



Artículo Nº 25 /2025

“BEFEHLSTAKTIK Y AUFTRAGSTAKTIK”



Por Arturo Silva López. General de Aviación en situación de retiro, Profesor de la Academia de Guerra Aérea de la FACH, Investigador Asociado al CEEA.

30 de septiembre de 2025. 08 min. lectura

EVOLUCIÓN HISTÓRICA, APLICACIÓN EN EL PODER AÉREO Y VIGENCIA ACTUAL

I.- INTRODUCCIÓN

En las definiciones de capacidad militar se establece relaciones con factores de capacidad, los cuales son de naturaleza material y no-material. En nuestro caso se establecen los de “Material, Entrenamiento, Recursos Humanos, Organización, Doctrina, Infraestructura, Sostenibilidad e Información” (MERODISI)ⁱ.

Resulta interesante verificar que además del empleo innovador de tecnologías como el ferrocarril y el telégrafo, con la modificación de materias de Organización y Doctrina en el Ejército Alemán bajo la genialidad estratégica de Helmuth von Moltke el Viejo, contribuyeron a las victorias militares en la Guerra de los Ducados contra Dinamarca (1864), la Guerra Austro-Prusiana (1866), y la Guerra Franco-Prusiana (1870-1871), que llevaron a la unificación de Alemaniaⁱⁱ.

El estudio de la conducción militar ha experimentado profundas transformaciones a lo largo de la historia, determinadas por la evolución de los ejércitos, la complejidad de los escenarios de combate y las exigencias propias del entorno estratégico. En este contexto, los conceptos de **Befehlstaktik** y **Auftragstaktik** constituyen dos aproximaciones doctrinarias fundamentales para comprender los cambios en la relación entre superiores y subordinados, así como en los sistemas de mando y control.

Mientras el primero se asocia a un esquema centralizado, rígido y detallado, el segundo promueve la iniciativa, la adaptabilidad y la descentralización de la ejecución, sin perder la unidad de propósito. El análisis de su desarrollo histórico, su aplicación en el dominio aéreo militar y su vigencia en la actualidad permite apreciar cómo estas concepciones han influido en la eficacia operativa y en la capacidad de respuesta de las fuerzas armadas frente a escenarios de creciente incertidumbre.

II.- EVOLUCIÓN DE LOS CONCEPTOS DE BEFEHLSTAKTIK Y AUFTRAGSTAKTIK EN EL ÁMBITO MILITAR.

A.- Antes, cuando los ejércitos eran relativamente pequeños y desarrollaban sus acciones en campos de batalla reducidos, sus conductores las dirigían directamente. Este sistema

de mando y control centralizado, rígido y jerárquico puede ser conceptualizado como **Befehlstaktik o Mando por Tareas**ⁱⁱⁱ.

Sin embargo, desde el siglo XIX cuando los ejércitos fueron incrementando su tamaño, las acciones militares y los escenarios se tornaron más complejos hubo que buscar otras formas más eficaces, eficientes y efectivas. Una de las soluciones más excepcionales fue la concepción desarrollada por Helmuth Karl Bernhard von Moltke, conocido como Moltke “el viejo”, quien consciente de que la superioridad militar no depende solo de fuerza o tecnología, buscó soluciones estratégicas basadas en factores no-materiales como la organización, el pensamiento y el liderazgo por directivas, que denominó **Auftragstaktik o Mando por Misión**, y puede ser definido como una *“Filosofía de mando que promueve la concesión a los subordinados del máximo grado de iniciativa posible dentro del propósito del jefe para acortar el ciclo de toma de decisiones y facilitar la adaptación operativa en beneficio de la misión”*. Al desarrollo de este concepto Moltke dedico gran parte de sus treinta años como jefe del Estado Mayor^{iv}.



- B.- De esta forma el **Befehlstaktik**, determina el “qué” y el “cómo”, detallando instrucciones específicas que deben cumplirse sin apartarse de ellas. Con esta se reduce la iniciativa de los subordinados: deben obedecer literalmente lo ordenado. Pero puede dar más control al superior a costa de flexibilidad y adaptación al entorno.

Auftragstaktik, se centra en el “qué” debe lograrse (la misión), dejando al subordinado libertad para decidir el “cómo” ejecutarla según la situación. Con lo que se fomenta la iniciativa, adaptabilidad y creatividad en niveles inferiores de mando. Asimismo, busca rapidez de acción en entornos cambiantes. El sello distintivo del mando de misión es la ejecución descentralizada mediante la delegación de autoridad para empoderar la toma de decisiones de los subordinados y permitir flexibilidad, iniciativa y capacidad de respuesta en el cumplimiento de la intención del comandante.

De esta forma se puede establecer que **Befehlstaktik** y **Auftragstaktik**, son formas diferentes y opuestas para conducción de fuerzas, considerando los aspectos señalados en la siguiente tabla.

ASPECTO	AUFTRAGSTAKTIK	BEFEHLSTAKTIK
Flexibilidad	Alta, permite adaptarse a imprevistos.	Baja, dependiente de órdenes superiores.
Velocidad	Rápida respuesta local.	Más lenta, subordinados esperan nuevas órdenes.
Iniciativa	Incentivada.	Restringida.
Riesgo	Posible dispersión de esfuerzos.	Pérdida de oportunidades por rigidez.

ASPECTO	AUFTRAGSTAKTIK	BEFEHLSTAKTIK
Adecuación actual	Ideal en entornos de alta incertidumbre (ciber, multidominio).	Útil en fuerzas con menor preparación o en operaciones altamente estructuradas.

(Confección propia)

III.- APLICACIÓN EN EL DOMINIO AÉREO MILITAR

Los conceptos que trata de resaltar este ensayo, tienen un fundamento basado en la historia militar. Es así que cambios en la Organización y Doctrina, factores no-materiales de la capacidad militar, desde la II Guerra Mundial han sido aplicados en la operación Tormenta de Desierto y siguientes para el empleo del Poder Aéreo. Asimismo, se demostró que los cambios de la estructura orgánica requerían modificaciones a las formas de mando hacia una mayor delegación de autoridad.

A.- Cuando los Estados Unidos de Norte América ingresó en la IIª Guerra Mundial ejecutando la Operación Torch (1943), los medios aéreos fueron segregados a mandos separados para el apoyo terrestre, bombarderos y cazas, lo que impedía concentrar fuerzas contra una Luftwaffe inferior en número. Este fracaso estadounidense demostró la necesidad de un mando aéreo único y centralizado, desvinculado de los comandantes terrestres. Por lo anterior, tras la Conferencia de Casablanca de 1943, se resolvió y estableció que un aviador conduciría centralizadamente el Poder Aéreo Aliado, designando en Europa al General Carl Spaatz como único comandante aéreo de Aliado y al General George Kenney como el comandante aéreo con las mismas características en el Pacífico.

De estas lecciones nació la doctrina del mando único para la integración y eficacia del Poder Aéreo, basado en la necesidad de unidad de esfuerzo para cumplir objetivos comunes^v.

Sin embargo, la nueva Organización significó además cambios de formas de mando, las que consideraban asignar el “qué” debían lograr las unidades aéreas y aunque incluía requerimientos más específicos derivados de la necesaria coordinación con otros medios, daba libertad para decidir el “cómo” ejecutarla.

From: 1700/31/45	
To : 1700/1/45	
Auth: CO	
Init: RHK	
Date: 31 March 1945	
Headquarters, 310th Bomb Wing (M)	
APO 321	
1 April 1945	
FRAGMENTARY FIELD ORDER)	
NUMBER 91)	
E X T R A C T	
3. c. The 417th Bombardment Group #11:	
(1) Conduct strike on LEGASPI Area with four (4) sqdns A-20's as per 310th Bomb Wing. Air Support plan for LEGASPI operations dated 26 March 1945. (91-E-4)	
(2) Maintain twelve (12) A-20's on one (1) hour readiness to support NEGROS operation from 1200/I to 1600/I. Bombload 250# per sqdn. (91-E-16)	
AMENDMENT TO FRAG FIELD ORDER NUMBER 91.	
1. Following corrections for pre-invasion operations:	
417th Bomb Group (L), 18-A-20's, o/s Rebel, TOT 0715 TLT 0730.	
BY ORDER OF COLONEL WILSON:	
OFFICIAL:	A. J. BECK, Lt. Col. Air Corps, Executive.
a/ J. A. Helton, J. A. HELTON, Capt., Air Corps, Ass't., A-3	"A TRUE EXTRACT COPY" WILLIAM B. CLEVES, Major, Air Corps.
Note:	
873rd Bomb Sqdn (L), LEGASPI, TOT 0715.	
875th Bomb Sqdn (L), LEGASPI, TOT 0720.	
872nd Bomb Sqdn (L), LEGASPI, TOT 0625.	
874th Bomb Sqdn (L), LEGASPI, TOT 0630.	
873rd Bomb Sqdn (L), NEGROS, TOT 1400.	
874th Bomb Sqdn (L), NEGROS, TOT 1600.	

Orden de Tarea Aérea (ATO) en la IIª Guerra Mundial

Aunque la creación de la USAF en 1947 consolidó el objetivo de autonomía y paridad, en las décadas siguientes persistió la tensión entre centralizar o desconcentrar las fuerzas, buscando un equilibrio entre eficiencia y eficacia, lo que quedó de manifiesto en el desarrollo de las operaciones aéreas en las guerras de Corea y Vietnam.

- B.- La Operación Tormenta del Desierto fue el primer gran conflicto posterior a Vietnam donde se nombró como Comandante de las Fuerzas Conjuntas (JFC) al General Norman Schwarzkopf y se designó desde un inicio al Teniente General Charles Horner como Comandante del Componente Aéreo de las Fuerzas Conjuntas (JFACC) vii.

El General Horner era responsable de planificar, coordinar y asignar tareas conforme a las directrices del JFC. La implementación del concepto JFACC no estuvo exenta de resistencias. El Cuerpo de Marines y la Armada temían perder control sobre sus salidas aéreas, pero Schwarzkopf respaldó al general Horner, consolidando así la autoridad del JFACC sobre la conducción aérea de la campaña viii.

Al igual de lo ocurrido desde las operaciones aéreas en guerras anteriores, la forma de mando utilizó la delegación de autoridad para asegurar la eficacia del empleo del Poder Aéreo a través del sistema de la Orden de Asignación de Tareas Aéreas, lo que aseguró la integración y centralización de las operaciones aéreas para todo el teatro ix.

```

MSNDAT/1015C/2AF/BASSET 15/4F16/INT/-/4CS72/-/23015/36435//
TOTLOC/240015Z/240030Z/-/SUPPLY/301623N0472624E/2M09712//
REFUEL/GUPPY 07/6307A/HANGO PST HIGH/ALT:200/242330Z/20/TAD07//
REFUEL/GUPPY 10/6310A/HANGO PST HIGH/ALT:205/242330Z/20/TAD10//
AMPN/ REMARK IDENTIFIER(S): A E V//
MSNDAT/3021C/2AF/ROVER 21/4F16/INT/-/4CS72/-/23021/36441//
TOTLOC/240030Z/240040Z/-/SUPPLY/301623N0472624E/2M09712//
REFUEL/GUPPY 07/6307A/HANGO PST HIGH/ALT:200/242345Z/20/TAD07//
REFUEL/GUPPY 10/6310A/HANGO PST HIGH/ALT:205/242345Z/20/TAD10//
AMPN/ REMARK IDENTIFIER(S): A E V//
MSNDAT/0501F/EAF/HUSKIE 01/8F16/INT/-/2M842/-/20501/36401//
TOTLOC/240510Z/240545Z/81327CANCO9/TUNNEL/334822.9N0442714.9E//
REFUEL/WALLEYE 14/6314B/RAILROAD PRE/ALT:200/240320Z/6C/TAD14//
REFUEL/FIXE 26/6326S/RAILROAD PST/ALT:200/240500Z/56/TAD26//
AMPN/ REMARK IDENTIFIER(S): A C F P Q//
HARR/ UNIT REMARKS: 388TFW
UNIT REMARKS A
SEE TANKER SPINS FOR AAR INFO.
UNIT REMARKS C
CONTACT CENTRAL AWACS. USE CENTRAL COMM PLAN.
UNIT REMARKS E
CONTACT EAST AWACS, USE EAST COMM PLAN.
UNIT REMARKS F
IF TGT WX PREVENTS EXPENDING ON PRIMARY TGT, PLAN MEDIUM ALT RETU
ROUTE OVER GUARDS AREA. TGT COORDS WILL BE PASSED FROM ASARS VIA
AWACS.
UNIT REMARKS P
YOU ARE PACKAGE COMMANDER.
UNIT REMARKS Q
COORD WITH 0551C, 0555C, 8 (F15, 1 TFW), 0561W (4 F-4G) 0575X
(2 EF-111), 0572R (2 EF-4).
UNIT REMARKS V
IF ACTIVE SAM SITE OBSERVED PRIOR TO ATTACK, ATTACK SAM SITE. DO
NOT TROLL FOR SAMs. KILL ZONE AF7 NE IF PRIMARY TGT NOT ACQUIRED.
UNIT REMARKS W
EXPECT REFUELING AFTER SCRAMBLE IN PAM OR TANGERINE A/R TRACKS.//
TASKUNIT/801PBW//
MSNDAT/5210B/2AF/REAPER 10/3B52G/INT/-/4517L/-/25210/35230//
TOTLOC/242020Z/242100Z/81427-CAL215/TROPO/363015N0432525W//
AMPN/ REMARK IDENTIFIER(S): A B C D E//
MSNDAT/5213B/2AF/REAPER 13/3B52G/INT/-/4517L/-/25213/35233//
TOTLOC/242020Z/242100Z/80427-01106/PWRSTA/363122N0524523W//
AMPN/ REMARK IDENTIFIER(S): A B C D E//
HARR/ UNIT REMARKS: 801PBW
UNIT REMARKS A
SEAD, CAP, SWEEP, COMM,SAFE PASSAGE, AND AIR REFUELING MUST BE
COORDINATED WITH JTF.
UNIT REMARKS B
SQUAWKS ARE FOR LEAD AIRCRAFT.
UNIT REMARKS C
ADJUSTMENTS TO TOTs, PACKAGE AND MISSION NUMBERS, AND SQUAWKS MAY
BE MADE PER JTF DIRECTION. CENTAF WILL TRACK YOUR MISSION WITH
CENTAF ALLOCATED DATA.
UNIT REMARKS D
ADVISE 17AD(STRATFOR BOMBER PLANS) ASAP OF ANY DEVIATIONS FROM ATO
UNIT REMARKS E
ALTERNATE TARGET IS IN SITE. BE 1240CAC392
OBJECTIVE-DESTROY/DAMAGE ANTENNAS, AND SUPPORT BUILDINGS//
TASKUNIT/1612 HAS//

```

Orden de Tarea Aérea (ATO) en la Operación Tormenta del Desierto

- C.- Las situaciones que se dan en un escenario militar requieren de acciones y reacciones oportunas. Esta condición es especialmente válida en los ambientes en que se desarrolla el Poder Aeroespacial, donde las amenazas se desplazan a gran velocidad y las decisiones para la acción deben ser adoptadas en minutos e incluso segundos. Por lo mismo, uno de los axiomas más percederos que rigen a los conductores del Poder Aeroespacial es el Mando Centralizado y Ejecución Descentralizadax.

No obstante, las modificaciones a los procesos de mando estarían punto intermedio entre la total disposición de instrucciones para la ejecución de acción Mando por Tarea a una asignación de un objetivo del que se deduzcan las acciones como en el Mando por Misión.

IV.- MANDO POR MISION (AUFTRAGSTAKTIK) EN LA ACTUALIDAD

El entorno estratégico actual se reconoce como altamente complejo e impredecible. Por lo mismo, la adopción del Mando por Misión ha sido cada vez más fomentada.

En este sentido, a nivel doctrinario se han identificado condiciones para su aplicación donde la confianza, la conciencia compartida y la comprensión de la intención del comandante, son requisitos fundamentales y esenciales del mando. La confianza permite a los subordinados actuar con libertad dentro de la intención del comandante, asumir riesgos y sincronizar esfuerzos. Esta debe ganarse mediante la competencia, la disposición a aceptar errores y el

desarrollo de relaciones sólidas, lo que resulta especialmente desafiante en fuerzas multinacionales o de integración rápida. La comprensión mutua, por su parte, surge de la doctrina, la formación común y la experiencia compartida, asegurando unidad de pensamiento y acción incluso con comunicaciones limitadas. Ambas cualidades se refuerzan entre sí y son indispensables para la iniciativa, la interoperabilidad y la eficacia del mando en contextos complejos^{xi}.

Por otra parte, la intención del comandante debe plasmar una declaración clara del propósito, objetivos y estado final de la operación, que oriente a los subordinados sin indicar cómo ejecutar la misión. Debe ser concisa, ajustarse al entorno estratégico y permitir flexibilidad, confiando en la iniciativa subordinada. No es estática, requiere retroalimentación y permitir ajustes, y su eficacia depende de una comunicación clara y consistente, especialmente en entornos complejos o degradados.



V.- CONCLUSIÓN

La evolución desde el **Befehlstaktik** hacia el **Auftragstaktik** refleja un cambio sustantivo en la manera de concebir el mando militar, pasando de la obediencia estricta a la delegación de autoridad sustentada en la confianza, la claridad de la intención y la iniciativa subordinada.

En el ámbito del poder aéreo, estas transformaciones se evidencian en la necesidad de un mando centralizado con ejecución descentralizada, capaz de responder a la velocidad y complejidad del entorno aeroespacial. En la actualidad, el mando por misión se presenta como un enfoque especialmente pertinente, en tanto permite flexibilidad, interoperabilidad y eficacia en operaciones conjuntas y multinacionales. Así, el estudio de ambos modelos no solo ofrece una perspectiva histórica, sino que constituye una herramienta doctrinaria indispensable para la conducción militar en escenarios contemporáneos caracterizados por la incertidumbre y la rápida evolución de las amenazas.

Artículo Nº 26 /2025

DESFILE MILITAR CHINO DEL 3 SEPTIEMBRE:

MENSAJES DE BEIJING AL MUNDO



Por René Jorquera Escobar. Director de Tecnología e Innovación.
07 de octubre de 2025. 08 min. de lectura

I.- Introducción

El 3 de septiembre China conmemoró, con un imponente desfile militar, el octagésimo aniversario del término de la Segunda Guerra Mundial en el Pacífico, acto que se desarrolló en las inmediaciones de la célebre plaza de Tiananmen, en Beijing, y en el cual, durante una hora y media, se presentaron tropas, armamento y aeronaves de última tecnología. El desfile fue presidido por el presidente chino, Xi Jinping, el que fue acompañado en la tribuna por el mandatario ruso Vladímir Putin, y el norcoreano, Kim Jong-un, además de una treintena de líderes extranjeros.



El presidente de China, Xi Jinping, junto al jefe de estado ruso, Vladimir Putin, y el líder de Corea del Norte, Kim Jong-un. Foto: EFE

El rol que jugó China en la Segunda Guerra Mundial es poco conocido, particularmente para el mundo occidental, sin embargo, fue clave en las operaciones realizadas en la región ya que

su enfrentamiento a Japón impidió que este país concentrara fuerzas contra otras naciones aliadas en el Pacífico.

La resistencia China a la ocupación japonesa se inició el 7 de julio de 1937, un par de años antes de que estallara la II GM y culminó el 9 de septiembre de 1945, en el marco de la conflagración mundial. Cabe recordar que Japón ya había invadido Corea y Manchuria en 1931, por lo que posterior a esto, inició la invasión al norte y este de China, la que se vio obligada a luchar por su supervivencia, contando con el apoyo económico de la Unión Soviética y de los Estados Unidos. Después del ataque japonés a Pearl Harbor, en diciembre de 1941, este conflicto se fundió en el Gran conflicto de la Segunda Guerra Mundial (Frente del Pacífico).

La guerra chino-japonesa estuvo marcada por la crudeza de las acciones de las fuerzas japonesas de ocupación en contra de la población civil china, producto de la cual se produjeron cruentas violaciones de los derechos humanos, como la masacre de Nanjing, hechos que a la fecha aún resienten las relaciones entre ambas naciones.

II.- La transformación China de los últimos 45 años

Tras décadas de absoluto control estatal y de economía planificada iniciadas en 1949 con la toma del poder por Mao Zedong, que se saldaron con millones de muertos por hambrunas como la causada por procesos como el *Gran Salto Adelante* y la *Revolución Cultural*, el líder chino Deng Xiaoping impulsó en 1978 una nueva etapa conocida como "reforma y apertura" que sentó las bases del progreso y desarrollo que hoy en día exhibe China.



La bicicleta como el medio de transporte más utilizado en Pekín en 1978

Fuente: <https://momentosdelpasado.blogspot.com/2019/02/fotografias-de-la-vida-en-china-anos-70.html>

Deng Xiaoping, quien asumió su cargo tras la muerte de Mao Zedong, comprendió que el modelo económico que propugnaba el partido comunista para su país condenaría, en el corto plazo, irremediablemente a la pobreza a su población. La economía centralizada no sería capaz de satisfacer las necesidades básicas crecientes de su pueblo.

Ante esta amenaza inicia un programa de reformas económicas destinadas a permitir la instalación de empresas occidentales en territorio chino, como también la adopción de un modelo de libre mercado permitiendo además la existencia incipiente de propiedad privada.

Estas reformas serían claves para el desarrollo de China, permitiendo un crecimiento económico sostenido, el desarrollo de iniciativa privada, el acceso a tecnología de punta y la disminución de la pobreza, trasformando de paso al país en la fábrica del mundo y en un polo de desarrollo tecnológico.



Vista panorámica de Beijing Fuente: CGTN.com/news

Esta mezcla, que involucra un sistema político comunista con una economía que deja de ser planificada y adopta elementos centrales del modelo económico neoliberal se ha popularizado como "socialismo con características chinas", un eufemismo para definir la convivencia del modelo político y económico de la República Popular China, una fórmula que mantiene férrea la herencia marxista-leninista y maoísta del Partido Comunista chino (PCCh) al tiempo que involucra elementos esenciales de la economía de mercado y del, muchas veces repudiado, capitalismo.

En este sentido, Ether Yin, analista de la consultora de Trivium China, señala que, "*Hace 40 años, el Gobierno decidía el precio de casi todo. Hoy, el mercado decide el precio del 97% de los bienes y servicios. Hace 40 años, apenas había empresas privadas en el país. Hoy, el 90% de las empresas son privadas y aportan el 60% del PIB y el 80% de los empleos*". Si esto no es capitalismo puro, podemos convenir que se parece bastante.

Por su parte, el fundador y decano de la prestigiosa Escuela de Negocios Cheung Kong, Xiang Bing, señala que "*China y Estados Unidos han adoptado el capitalismo probablemente mejor que cualquier otro país del mundo. En el caso de China, ha empleado una combinación de neoliberalismo y capitalismo de Estado para generar el extraordinario crecimiento económico de las últimas décadas*".

Además, agrega que "su verdadero éxito no viene del capitalismo de Estado, sino del neoliberalismo. Ningún país ha utilizado la economía planificada para conseguir éxitos de verdad en la mejora de los estándares de vida de los ciudadanos".

III.- Lo que subyace a lo mostrado en el desfile militar

El desfile militar, y su evidente opulencia en medios, hombres y tecnología, no hace más que reafirmar la enorme capacidad industrial que ha alcanzado China, la que le permite fabricar sistemas avanzados en grandes cantidades. De igual manera, también fue una clara exhibición de poder, precisión y patriotismo. Esta demostración, sin dudas, tuvo un objetivo mediático interno, pero también claramente, uno externo. Hace un par de décadas, muchos de sus sistemas y armas eran considerados copias rudimentarias de modelos rusos y occidentales, hoy, su industria de defensa produce una gama cada vez más innovadora de armas y sistemas, con especial énfasis en drones y misiles.

Misiles balísticos antibuque hipersónicos YJ-21 en la plaza de Tiananmén de Pekín.



Foto: Greg Baker/AFP

En el año 2010, mientras el autor realizaba el Command Staff Course en la Academia de Guerra Aérea de la República Popular China, un curso de Estado Mayor especial orientado a alumnos extranjeros, los profesores militares chinos de dicha academia consideraban que existía una brecha tecnológica de unos 20 años entre China y Estados Unidos. También señalaban que su adversario en el futuro sería inevitablemente Estados Unidos. Lo mostrado en el desfile es la prueba de que esa brecha se ha acortado o quizás ya no existe, y de que China ha develado claramente quien es su adversario en el escenario internacional actual.

La ventaja que exhibe China respecto de su competencia occidental reside en su modelo vertical, algo que no es más que un derivado de su sistema político: el Estado tiene el poder para disponer la producción y obtener resultados más o menos inmediatos. Si a esto se le suma tecnología de avanzada, de desarrollo propio u obtenida de occidente, se pueden lograr los avances que se han mostrado el 3 de septiembre recién pasado. Sin embargo, la gran incógnita para muchos analistas occidentales es si su ejército, que no ha visto la acción desde la guerra chino vietnamita de 1979, ha desarrollado la doctrina y la táctica necesarias para integrar eficazmente esas armas en operaciones reales.

El Ejército Popular de Liberación es gigantesco, pero carece de experiencia reciente en guerras significativas, lo que deja dudas sobre su agilidad y real capacidad en combate.

Sin embargo, el último enfrentamiento entre India y Pakistán, en el cual las fuerzas de Islamabad habrían hecho uso de medios de combate y de una doctrina de empleo de origen chino (Guerra de sistemas), podrían arrojar luz sobre esta interrogante.

Entre las armas más destacadas del desfile estuvieron los nuevos misiles balísticos Dongfeng. El DF-61, con capacidad de transportar varias ojivas nucleares, y el DF-5C, un misil intercontinental capaz de alcanzar Estados Unidos, marcaron la pauta. También se mostró el DF-26D, conocido como "Guam killer", diseñado para impactar bases militares estadounidenses en el Pacífico.



Un vehículo aéreo no tripulado se observa durante un desfile militar en China. Foto: Pedro Pardo/AFP

Además, se presentaron los misiles hipersónicos antibuque, como el YJ-17 y el YJ-19, los que tendrían la capacidad de volar a muy alta velocidad y con facultades para maniobrar en su fase de aproximación al blanco lo que los hace muy difíciles de interceptar con el estado actual de los sistemas antiaéreos disponibles. El desarrollo de estas armas tiene un objetivo bastante claro, contrarrestar la superioridad naval de Estados Unidos proyectando así una estrategia de disuasión basada en misiles hipersónicos capaces de alcanzar las naves norteamericanas a gran distancia.

Estos misiles pueden lanzarse desde diferentes plataformas, como barcos o aviones y están diseñados para neutralizar grandes buques. Su capacidad hipersónica equivale a que pueden alcanzar una velocidad superior a 5 Mach. El YJ-17 incorpora un vehículo planeador hipersónico similar al DF-17, el primer misil de este tipo en servicio en China. Esta tecnología permite al proyectil "surfear" sobre las ondas de choque generadas durante el vuelo a alta velocidad para obtener sustentación adicional, manteniéndose en la atmósfera mientras

maniobra de forma errática hacia su objetivo. El YJ-19 muestra una toma de aire visible bajo el morro, lo que sugiere que utiliza un motor scramjet, similar al misil ruso Zircon.

Song Zhongping, comentarista militar y ex instructor del ejército chino, señala que *“Es necesario que China desarrolle una potente capacidad de combate contra buques y portaaviones para evitar que Estados Unidos constituya una grave amenaza para la seguridad nacional china”*, en clara referencia a las tensiones que se han producido últimamente en el estrecho de Taiwán y en el mar de China Meridional.

El arsenal incluyó también un arma láser, el LY-1, capaz de inutilizar sistemas electrónicos o cegar pilotos, y cazas furtivos de quinta generación como los J-20 y J-35, lo que indica claramente una preparación de una última línea de defensa contra drones y misiles aire superficie.

El desfile también confirmó que China apuesta fuerte por la inteligencia artificial aplicada a la guerra. El protagonista fue el dron submarino AJAX-002, de hasta 20 metros de largo, que podría realizar misiones de reconocimiento o portar armamento estratégico.

Junto a este ingenio se mostró el dron furtivo GJ-11, pensado para acompañar a aviones de combate en misiones de ataque, además de enjambres de drones aéreos y los curiosos “lobos robóticos”, que podrían emplearse en exploración, desminado o incluso combate terrestre.

Este enfoque refleja las lecciones aprendidas de la guerra en Ucrania, donde los drones han demostrado ser decisivos y relevantes en los tres ámbitos de la campaña. Para China, la integración de la IA promete acelerar la toma de decisiones en combate, algo respecto de lo cual también está preocupado occidente, ya que esto es clave en enfrentamientos de alta velocidad donde quien domine el ciclo de Observación-Orientación-Decisión-Acción puede marcar el tempo de las operaciones en la batalla.

Aunque el desfile evidenció el gran salto tecnológico que ha alcanzado China, algunos expertos concuerdan que Estados Unidos aún podría conservar una ventaja crucial: la flexibilidad operativa.

El ejército estadounidense fomenta la autonomía de las unidades sobre el terreno, lo que le da mayor adaptabilidad en escenarios cambiantes. China, en cambio, mantiene un mando vertical que limita la agilidad. Incidentes recientes, como la colisión accidental de un buque de guerra chino contra otra nave propia durante una operación en Filipinas, ponen en duda su capacidad para reaccionar con eficacia bajo presión.

En este sentido, muchos analistas creen que la impresionante tecnología mostrada no siempre se traduce en capacidad real de combate.

Más allá de la propaganda interna, el desfile también funcionó como una feria de armas a gran escala. Países como Myanmar ya compran armamento chino, y la exhibición busca atraer más clientes. La venta de armas no solo genera ingresos, sino que también amplía la influencia de China en los países compradores.

La imagen de Xi Jinping caminando junto a Putin y Kim Jong, es también un mensaje para occidente, y en especial para Washington: China no está sola y posee aliados con los cuales puede conformar un poder aún mayor. En este sentido, un eventual conflicto con Pekín puede significar abrir frentes en la península de Corea, el estrecho de Taiwán y en Ucrania, por lo

cual el desfile no solo fue una exhibición de fuerza militar, fue también un recordatorio de la dimensión política y geoestratégica de la alianza entre China, Rusia y Corea del Norte.

Por último, la elección de Xi Jinping de vestir el uniforme de alto mando de la Comisión Militar Central para inspeccionar las tropas no es algo al azar, también encierra un mensaje. La vestimenta es una forma de proyectar de manera inequívoca su autoridad como comandante supremo de las fuerzas armadas. Ese atuendo, más allá de lo meramente ceremonial, refuerza el concepto de que el poder militar está plenamente subordinado a su liderazgo y simboliza la fusión indisoluble entre Partido Comunista y Ejército Popular de Liberación.

Lo anterior es concordante con el pensamiento político y militar de Mao Zedong, quien, en 1938, en su discurso referido a los problemas de la Guerra y de la Estrategia, señala *“Todos los comunistas tienen que comprender esta verdad, el Poder nace del fusil.” “Nuestro principio es: el Partido manda al fusil, y jamás permitiremos que el fusil mande al Partido”*.

De igual forma, al ubicarse en el balcón de la Puerta de Tiananmén con ese uniforme, bajo el gigantesco retrato de Mao Zedong, Xi Jinping está enviando un mensaje claro: China, bajo su dirección, retoma la tradición de un Estado fuerte con capacidad para dictar las reglas del nuevo orden mundial. La imagen, inevitablemente, evoca la continuidad del “modelo chino” de autocracia firme y preparación militar como pilares iguales de su proyecto de rejuvenecimiento nacional para 2049, año en que se conmemorará el centenario de la fundación de la República Popular, y en el cual el PCCh se ha propuesto que el país se consolide como la potencia más avanzada, fuerte e influyente del planeta, visión que abarca no solo el ámbito económico y militar, sino también el tecnológico, cultural y diplomático.

IV.- Conclusión

Es evidente que China ha tomado debida nota de las experiencias de la Guerra de Rusia-Ucrania, y también ha establecido claramente cuáles son sus principales amenazas y cuáles son sus debilidades, de allí la clara orientación a la producción de nuevos y más avanzados sistemas de misiles y drones cuyo objetivo es poseer una capacidad de ataque estratégico a distancia que permita mantener a distancia a la flota naval norteamericana, como también proyectar una disuasión que alcance el territorio estadounidense.

La exhibición del 3 de septiembre también reveló un ejército en activa modernización, que ha incorporado tecnología de avanzada con rapidez, y una enorme capacidad industrial para producir armas a gran escala. De igual forma, la demostración militar revela las ambiciones de liderazgo global de Beijing, que hoy por hoy, se alza como la segunda potencia económica y la tercera potencia militar global, y que aspira a tener una mayor preponderancia en ambos planos. No obstante, para los expertos militares occidentales la gran incógnita sigue siendo su capacidad para integrar tecnología, IA y drones en operaciones militares complejas dado su escasa experiencia en acciones bélicas durante los últimos 45 años.

En relación con lo anterior, el mensaje parece ser claro; China quiere ser percibida como un actor militar relevante, con capacidad para disputar el equilibrio mundial a los Estados Unidos.

Por último, la presencia de los máximos líderes de Rusia y Corea del Norte reafirma la alianza que estos países tienen y una advertencia a occidente, en especial para Estados Unidos.

Bibliografía

<https://www.swissinfo.ch/spa/china-concluye-desfile-para-conmemorar-los-80-a%C3%B1os-del-fin-de-la-segunda-guerra-mundial/89939068>

https://www.elespanol.com/mundo/20210627/exitosa-economia-china-combinacion-neoliberalismo-capitalismo/591941125_0.html

<https://es.gizmodo.com/el-mensaje-geopolitico-detras-del-desfile-militar-mas-grande-de-pekín-2000190184>

<https://grupogoberna.com/sueno-chino-2050-china-potencia-mundial/>

<https://www.swissinfo.ch/spa/el-gran-experimento-capitalista-del-partido-comunista-chino/46735104>

Artículo Nº 27 /2025

ACUERDO DE PAZ ENTRE ISRAEL Y HAMAS



Por René Jorquera Escobar. Director de Tecnología e Innovación.
13 de octubre de 2025. 08 min. de lectura

I.- Introducción

Para muchos israelitas, el 7 de octubre del 2023 será considerado uno de los días más oscuros en la vida de su país. Ese día, numerosos combatientes radicales de Hamás y otras milicias terroristas provenientes de Gaza penetraron las fronteras de Israel y asesinaron a más de 1.200 personas, secuestrando a otras 250 a las que mantuvieron como rehenes, asesinando posteriormente a muchos de ellos y utilizando a otros como moneda de cambio para liberar a terroristas presos. El ataque tomó por sorpresa a las fuerzas de defensa israelíes y abrió un debate respecto de la eficiencia de los organismos de seguridad a los que se culpó internamente por no haber levantado una alerta previa que hubiera evitado la sorpresa estratégica que significó la incursión de los extremistas.

Ese día también fue el comienzo de dos años de muerte, penurias y miseria para los palestinos que habitan la Franja de Gaza. Desde esa fecha, Israel en respuesta al ataque a traición desató una potente ofensiva sobre Hamás y la Franja de Gaza producto de la cual han muerto más de 65.000 personas y unas 160.000 han resultado heridas. El 90 % de las viviendas de la franja habrían sido dañadas y se ha producido el desplazamiento interno de cerca de 2 millones de personas en un área que tiene apenas 365 kilómetros cuadrados.

Luego de dos años de guerra se ha alcanzado un acuerdo de paz entre las partes que pone fin a las hostilidades, y que podría dar pie a un proceso de reconstrucción de la infraestructura de la franja aliviando así los sufrimientos de la población civil de aquella área. La mediación llevada adelante por Estados Unidos, sumado quizás al débil estado en que se encuentran las fuerzas palestinas diezmadas por los ataques de Israel habrían permitido alcanzar un acuerdo, abriendo de paso una ventana de esperanza para la región.

Luego de dos años de lucha, cuando por fin se asoma la paz, cabe preguntarse ¿Cuáles fueron los resultados o que lograron los diferentes actores luego de dos años de confrontación?

II.-Un breve resumen luego de dos años de conflicto

La guerra entre Israel y Hamás, que no solo involucró a estos dos actores, ha dejado, como ya se señaló, un saldo de miles de muertos y heridos, como también la destrucción de parte importante de la infraestructura de la Franja de Gaza, algo que se ha vuelto impopular a los ojos de una parte importante de la opinión pública internacional.

No obstante, no se puede culpar unilateralmente a Israel de las penurias y desgracias que este conflicto ha desencadenado, esto sería injusto, su respuesta es la propia de un Estado ante un ataque terrorista hacia civiles indefensos, ejecutado por lo demás con extrema crueldad y con una violencia inusitada que impactó al mundo al conocerse detalles de este. Si se le puede reprochar a Tel-Aviv lo extendido de las acciones militares, las que sin dudas han afectado a la población civil que ha sufrido innecesariamente, lo que en parte también es un derivado de la negativa de Hamás a liberar a los rehenes civiles secuestrados.

Lo prolongado de las acciones han terminado por afectar la imagen internacional de Israel, lo que ha sido en gran parte producto de la ofensiva comunicacional que han llevado adelante la prensa liberal y fuerzas progresistas, en la que se ha mostrado profusamente los resultados de las acciones militares israelíes, particularmente aquellas que pueden ser constitutivas de violaciones a los derechos humanos contra población civil. Poco ha servido la defensa del Estado judío que ha tratado de demostrar que muchas veces las imágenes o grabaciones han sido manipuladas o sacadas de contexto. Esa batalla, que se ha librado con el objeto de influir en la mente de la opinión pública, ya había sido ganada hábilmente por el aparato comunicacional de Hamás muy poco después del inicio del conflicto debido a los bombardeos realizados sobre Gaza.

La población civil de Gaza, como también los ciudadanos israelíes sometidos a ataques prolongados con cohetes y drones, han quedado en medio de los combates que se han desarrollado y han sufrido el rigor de las acciones. Huelga decir que Hamás, fiel a su condición de grupo radical y extremista, no ha dudado en usar a sus connacionales o las instalaciones hospitalarias y escuelas como escudos para protegerse de la ofensiva israelí. Su actuar ha demostrado insensibilidad ante el sacrificio innecesario de inocentes, lo que no puede ser aceptado o apoyado por la opinión pública internacional.

Israel ha aplicado toda la fuerza posible con el fin de alcanzar los dos objetivos declarados por el Primer Ministro israelí al inicio de las acciones. Por una parte, lograr la liberación de los rehenes aún cautivos y, por otra, lograr la desarticulación total del grupo terrorista Hamás. En la consecución de estos dos objetivos las fuerzas israelíes han arrasado con Gaza, y de paso se han ganado la antipatía de muchos. Sin embargo, es claro que la obstinación del Primer Ministro Israelí Netanyahu en lograr ambos objetivos tiene que ver en gran medida con la necesidad de lograr una paz más duradera, que se pueda prolongar en el tiempo, lo que requiere necesariamente la desarticulación o la neutralización de parte importante de la fuerza de combate que tenía Hamás al inicio del conflicto.

En este sentido, Israel ha logrado afectar sensiblemente la capacidad operativa de Hamás ya que muchos de sus cuadros combatientes, mandos superiores y líderes políticos han sido eliminados, de igual forma ha ubicado parte importantes de los túneles utilizados por la agrupación terrorista los que han sido destruidos, con lo cual se disminuye ostensiblemente el poder de este.

El conflicto, debido a el apoyo externo que recibe Hamás, se extendió a otros actores, los que se involucraron activamente en la agresión que recibió Israel, con un apoyo decidido y de fuerza en contra es este país. Tel-Aviv, en este sentido, no perdió la oportunidad de actuar contra estos y de paso logró debilitarlos.

Es así como actuó contra Irán, eliminando a parte de su cúpula militar y científicos nucleares, destruyendo además parte de la capacidad de desarrollo atómico de Teherán. Israel también actuó contra Hezbolá, eliminando o neutralizando parte importante de sus cuadros operativos mediante un ingenioso ataque realizado con explosivos instalados en el sistema de buscapersonas que utilizaba dicho grupo terrorista. Por último, ha atacado por vía aérea las instalaciones de los rebeldes Huties con el fin de mantener a raya a esta agrupación.

Por otra parte, es válido preguntarse que logró Hamás con el ataque del 7 de octubre de 2023. La primera impresión puede ser que este fue en vano, y que más que obtener un triunfo militar no hizo más que despertar una fuerza incontenible que ha arrasado Gaza y que amenaza con aniquilarlos por completo. Sin embargo, las cuentas no son del todo negativas.

En primer lugar, la respuesta militar de Tel-Aviv a la agresión de Hamás logró detener las negociaciones que existían entre Arabia Saudita e Israel que perseguían establecer un acuerdo de paz entre ambas naciones, tal como ya había sucedido entre Israel con Bahrein, Emiratos Árabes Unidos, Marruecos y Sudan en los llamados Acuerdos de Abraham.

En segundo lugar, la exitosa ofensiva comunicacional de Hamás logró poner a parte importante de la opinión pública mundial en contra de Israel, presentándolo como un Estado agresor e insensible al sufrimiento de las víctimas de Gaza.

En este sentido, la destrucción de Gaza y la campaña antiisraelí motivó a que una parte importante de los países que integran las Naciones Unidas reconozca la existencia de un Estado palestino, lo que es una derrota para los intereses políticos y diplomáticos de Israel, algo que el Primer Ministro israelí Benjamín Netanyahu ha señalado abiertamente que no tolerará. Aun cuando la búsqueda de este reconocimiento quizás nunca estuvo en quienes planificaron la barbarie del 7 de octubre del 2023, este si forma parte de los objetivos que Hamás ha perseguido desde siempre, por lo cual sin dudas es un significativo éxito para la causa palestina.

III.- Otros efectos

Estados Unidos ha sido un actor relevante en el proceso que ha permitido alcanzar la paz entre Israel y Hamás, lo que será capitalizado por su presidente Donald Trump. Las negociaciones y el acuerdo alcanzado le otorgarán, sin dudas, un reconocimiento internacional importante y constituirán un importante logro diplomático en su segundo mandato en la Casa Blanca, a la altura de los Acuerdos de Abraham firmados en 2020, en su primer mandato como presidente de los EE.UU.

Los ataques con drones, misiles y cohetes perpetrados por Irán, Hamás, Hezbolá y los rebeldes Huties han servido como una vitrina que ha permitido posicionar los sistemas que conforman el escudo defensivo antimisiles de Israel. El empleo de estos sistemas en operaciones reales ha servido para demostrar su eficacia y de paso la capacidad de la tecnología israelí en esta área. Prueba de lo anterior es que la Iniciativa ESSI (European Sky Shield Initiative) que está impulsando Alemania con el fin de fortalecer la Defensa Aérea de la OTAN, ha considerado la adquisición de misiles interceptores Arrow, los que son parte importante del escudo de defensa antimisiles israelí.

El Primer Ministro israelí Benjamín Netanyahu podría salir fortalecido en lo interno, aun cuando su pueblo se encuentra dividido respecto de sus decisiones como líder durante el conflicto.

Se debe reconocer que sus decisiones han cumplido con uno de los principios esenciales del liderazgo y de la guerra, ese que señala que se debe mantener los objetivos sobre los cuales se planificaron las acciones, lo que hizo siempre aun cuando las críticas arreciaban, lo que al final de conflicto significó el aislamiento de Israel en el plano internacional. No cabe duda de que por su responsabilidad política y de mando sobre las fuerzas israelíes es probable que deba enfrentar acusaciones, internas y externas, por el resultado de las operaciones de guerra que autorizó, y es probable que se le acuse en el futuro de crímenes de guerra, lo que está por verse.

IV.-Conclusiones

Esta guerra, como muchas, no tiene ganadores ni perdedores absolutos, pero si ha significado destrucción, miseria, hambre y muchas víctimas inocentes, de ambos lados, por lo cual no se puede catalogar a unos de víctimas, y a otros de victimarios, sin considerar el contexto en el cual se han dado los hechos, como también la historia que precede a los mismos.

Israel ha obtenido parcialmente los objetivos que el Primer Ministro Netanyahu estableció al inicio de las operaciones, pero esto ha tenido un enorme costo para su imagen internacional ya que en este proceso se ha ganado la crítica y el repudio de parte importante de la opinión pública. De paso ha aprovechado de debilitar a sus enemigos tradicionales como Hamás, Hezbolá, los rebeldes Huties, y en especial a Irán, país al que atacó con el fin de retrasar el avance de su programa nuclear.

Hamás, que producto de la guerra ha sido debilitado notablemente en lo militar como en su liderazgo, lo que ha llevado a la consecuente destrucción de la infraestructura de Gaza, realizó hábilmente una ofensiva comunicacional que afectó gravemente la imagen internacional y de paso logró un éxito diplomático que posibilitó el reconocimiento de Palestina como Estado por parte importante de los miembros de las Naciones Unidas.

La comunidad internacional debería condenar, sin ambigüedades ni cálculo político, las acciones de terroristas de Hamás, como también debería reconocer el derecho de cualquier Estado a defenderse ante un ataque terrorista de tal magnitud y barbarie.

El ataque de Hamás es un crimen de lesa humanidad, por ende, son imprescriptibles y deberían ser juzgados con la misma dureza con las que se juzgan las violaciones a los derechos humanos que cometen los agentes de un estado en ejercicio de sus funciones. Esto es lo mínimo que la sociedad debe exigir cuando grupos organizados y de carácter terroristas cometen tales atrocidades.

Artículo N° 28 / 2025

VEHÍCULOS DE TRANSFERENCIA ORBITAL (OTV)



Por Álvaro Aguirre Warden, Director de Asuntos Espaciales.
21 de octubre de 2025. 14 Min. de lectura.

Introducción.

En el umbral de una nueva era espacial, los vehículos de transferencia orbital (OTV) emergen como piezas clave en la arquitectura logística del entorno orbital. A medida que se intensifica la demanda por inserciones precisas —impulsada por el despliegue masivo de satélites y misiones compartidas— y crece la urgencia por gestionar los desechos espaciales, los OTV se consolidan como infraestructura crítica para garantizar la sostenibilidad, eficiencia y expansión del acceso al espacio.

Además, la acelerada comercialización del sector espacial ha transformado las reglas del juego: la modularidad tecnológica, la reutilización operativa y la colaboración internacional ya no son ventajas competitivas, sino requisitos fundamentales para liderar el mercado. En este contexto, cada nación está trazando su propia estrategia, aprovechando sus capacidades industriales, fortalezas científicas y objetivos geopolíticos para posicionarse en una carrera que definirá el futuro de la movilidad orbital.

Este documento explora el papel estratégico de los OTV en la evolución del ecosistema espacial, analizando sus modelos operativos, segmentación de mercado y potencial transformador dentro de una infraestructura cada vez más activa, diversificada y económicamente viable.



Representación del Spacevan, el vehículo de transferencia orbital de Exotrail. Fuente: Exotrail.

Vehículo de transferencia orbital.

Un vehículo de transferencia orbital —también conocido como *space tug* o remolcador espacial— es una nave diseñada para transportar cargas útiles entre diferentes órbitas una vez que han sido desplegadas por un lanzador. Su función es esencial en la logística espacial moderna, especialmente en misiones de múltiples etapas, mantenimiento orbital y gestión de desechos espaciales.

La función más básica de un OTV es interactuar con activos espaciales, los cuales pueden clasificarse según su nivel de cooperación:

- Cooperativos: Diseñados explícitamente para facilitar el mantenimiento o la interacción.
- Parcialmente cooperativos: Por ejemplo, satélites que, aunque no fueron diseñados para ser remolcados, pueden maniobrar para facilitar la operación.
- No cooperativos: Objetos inertes sin capacidad de maniobra.
- Hostiles: Vehículos inestables, giratorios o tumbantes, cuya proximidad puede representar un riesgo.

Los remolcadores pueden modificar la órbita de estos objetos por diversas razones, tales como: extensión de la vida útil del satélite, recuperación de activos para reparación o reutilización, retiro de órbita, por ejemplo, al final del ciclo operativo de un satélite y reubicación hacia otras plataformas, como la Estación Espacial Internacional (EEI) o vehículos de retorno.

Además, estos vehículos pueden ofrecer interacción activa con objetos en órbita, realizando tareas como reparaciones, reabastecimiento o acoplamiento. Sin embargo, diseñar sistemas de remolque espacial viables ha resultado complejo, debido al amplio rango de escenarios y condiciones que deben contemplarse.

En la práctica, el desarrollo de los OTV se enfrenta a diversos desafíos técnicos, ambientales y económicos. Las dinámicas orbitales son poco favorables: muchas maniobras deseadas —como los cambios de plano o las transferencias a órbitas lejanas— son extremadamente intensivas en energía, lo que impone altas exigencias sobre el sistema de propulsión.

El entorno espacial representa otro obstáculo. Para ser operativamente eficaces, estos vehículos deben ser resistentes a la radiación y al impacto con escombros orbitales, lo que implica diseños estructuralmente robustos capaces de operar durante largos periodos en múltiples órbitas.

Desde el punto de vista económico, los mercados para servicios de remolque espacial siguen siendo incipientes e inciertos, lo que dificulta justificar las inversiones necesarias y demostrar un retorno de inversión claro. Además, muchas misiones potenciales requieren tecnologías avanzadas, como propulsión nuclear o sistemas de propulsión eléctrica de alto impulso específico, que aún se encuentran en fase de desarrollo o validación.

Finalmente, la mayoría de los escenarios operativos exige avances significativos en sistemas de control, navegación autónoma, y hardware especializado para agarre o acoplamiento, especialmente al interactuar con objetivos no cooperativos o en rotación.

Funciones Principales.

Las funciones principales que pueden cumplir los OTV son las siguientes:

- Cambio de órbita: Llevar satélites desde una órbita de transferencia a su órbita final (LEO, GEO, lunar, etc.).
- Extensión de vida útil: Reabastecer o reparar satélites en órbita.
- Despliegue de cargas múltiples: Optimizar misiones rideshare, colocando satélites en órbitas distintas.
- Remoción de desechos espaciales: Capturar y desorbitar satélites inactivos o basura orbital.
- Mantenimiento y servicio: Inspección, reparación o actualización de satélites existentes.

Segmentación de los OTV por tipo de vehículo.

Los vehículos de transferencia orbital pueden clasificarse en dos grandes segmentos: OTV de uso único y OTV reutilizables

Cada segmento presenta características, ventajas competitivas y proyecciones de crecimiento distintas, impulsadas por diferentes necesidades operativas, tecnológicas y comerciales.

OTV de Uso Único.

El segmento de OTV de uso único tiene diversas ventajas como es la simplicidad operativa, la reducción de costos iniciales y la adecuación para misiones de alto riesgo o larga distancia, ya que no requiere sistemas complejos de recuperación.

Los OTV de uso único son especialmente adecuados para: Despliegue de satélites, misiones de exploración espacial profunda y pruebas tecnológicas iniciales.

Tiene también aplicaciones estratégicas con los Organismos gubernamentales y militares que los emplean para lanzar cargas útiles críticas de forma puntual y segura. Y para nuevos actores en la industria espacial que los prefieren para misiones de demostración tecnológica, ensayos iniciales y operaciones de bajo costo.

OTV Reutilizables.

El segmento de OTV reutilizables permite una logística espacial más sostenible y rentable, donde la reutilización reduce significativamente los costos de lanzamiento a largo plazo, permitiendo realizar múltiples misiones con una sola unidad.

Lo anterior permite a los Operadores comerciales de constelaciones satelitales realizar misiones de remoción de desechos orbitales, servicios de mantenimiento y reparación en órbita, Acoplamiento autónomo (docking), Propulsión eléctrica de alto rendimiento y Modularidad en el diseño que extiende la vida útil operacional

Estos avances están habilitando una nueva generación de OTV capaces de actuar como infraestructura logística orbital en un mercado espacial en rápida expansión.

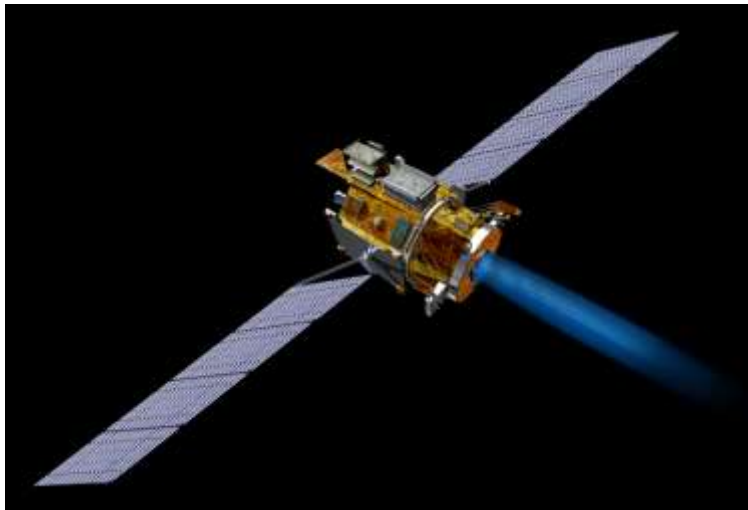
Segmentación por Sistema de propulsión

Basado en el sistema de propulsión, los vehículos de transferencia orbital se segmentan en propulsión química, propulsión eléctrica, propulsión térmica nuclear y otros.

La segmentación de los vehículos de transferencia orbital según su sistema de propulsión revela no solo diferencias técnicas, sino también estratégicas en cuanto a rendimiento, costo, sostenibilidad y aplicabilidad en distintos entornos orbitales.

Propulsión química entrega una alta potencia y empuje inmediato, usando combustibles líquidos o sólidos, lo que permite ser utilizados para transferencias rápidas, misiones de corta duración, inserciones precisas en GEO sigue siendo preferida para misiones críticas que requieren rapidez y precisión.

Propulsión eléctrica tiene un bajo empuje, pero una altísima eficiencia. Incluye motores iónicos, Hall effect thrusters, etc. utilizándose para misiones de larga duración, logística en LEO/MEO, servicing, constelaciones. Actualmente domina el mercado comercial por su eficiencia y bajo consumo de combustible.



Vista artística de Deep Space 1 que muestra los paneles solares y el motor de iones (con escape azul), aspectos principales de este diseño eléctrico solar.

Propulsión térmica nuclear utiliza calor generado por reacciones nucleares para expandir un propulsor lo que da una alta eficiencia específica, utilizándose en misiones de exploración profunda, misiones cislunares o interplanetarias. Se encuentra en fase de desarrollo avanzado, con interés creciente en EE.UU., China y Rusia para misiones lunares y marcianas.

Otros sistemas: Incluye propulsión solar térmica, vela solar, propulsión láser, y tecnologías emergentes utilizándose en demostraciones tecnológicas, misiones experimentales y movilidad autónoma.

Oportunidades de Crecimiento Estratégico en los Vehículos de Transferencia Orbital.

A medida que avanzan las capacidades para el mantenimiento de satélites, el transporte de carga y la exploración espacial, los vehículos de transferencia orbital están emergiendo como un elemento clave para el crecimiento estratégico del sector espacial. Estos sistemas se benefician de la reducción de costos asociados a las misiones espaciales y de una creciente eficiencia operativa, lo que los posiciona como una plataforma tecnológica crítica tanto para agencias espaciales nacionales como para empresas privadas.

Actualmente, los OTV están encontrando aplicaciones estratégicas en diversas áreas clave:

- Servicio de Satélites

Los OTV están siendo cada vez más utilizados para tareas de servicio en órbita, que incluyen: reabastecimiento de combustible, reparaciones y actualizaciones de sistemas.

Este crecimiento se ve impulsado por la necesidad de extender la vida útil de los satélites y mejorar su eficiencia operativa, reduciendo así la dependencia del costoso reemplazo de activos orbitales. Las empresas que desarrollan soluciones de servicio basadas en OTV están experimentando una expansión acelerada, al ofrecer alternativas más económicas y sostenibles.

- Transporte de Carga

Con las misiones de exploración espacial volviéndose cada vez más complejas, la demanda de OTV para el transporte de carga hacia la órbita terrestre baja (LEO) y más allá está en aumento.

Esto es particularmente relevante para: estaciones espaciales comerciales, misiones tripuladas y robóticas de largo alcance y proyectos de infraestructura en el espacio profundo.

Los OTV ofrecen un medio confiable y flexible para entregar suministros críticos, módulos o equipos a diferentes destinos orbitales y extraplanetarios.

- Despliegue de Micro-Satélites

Los OTV también están siendo diseñados para apoyar el despliegue de micro-satélites, que representan una parte creciente del mercado espacial comercial. Su capacidad para entregar múltiples cargas útiles en órbitas específicas los convierte en plataformas ideales para el despliegue de constelaciones satelitales, utilizadas en: Comunicaciones, Observación de la Tierra e Investigación científica

Esta capacidad añade valor a las misiones comerciales al mejorar la flexibilidad orbital y reducir el tiempo de puesta en servicio de nuevos satélites.

- Exploración Interplanetaria

A medida que los objetivos de exploración se expanden hacia la Luna, Marte y más allá, los OTV se perfilan como vehículos clave en las misiones interplanetarias. Su uso incluirá: Transporte de carga pesada, Soporte logístico a misiones humanas y Posible integración con hábitats y módulos científicos

Los OTV desempeñarán un papel crucial en la construcción de infraestructuras espaciales fuera de la Tierra, incluyendo bases lunares y estaciones en tránsito hacia Marte, apoyando así la próxima generación de exploración espacial.

Panorama global del desarrollo de vehículos de transferencia orbital.

El desarrollo de vehículos de transferencia orbital está siendo impulsado por diversos actores globales, con avances significativos en países como Estados Unidos, China, Alemania, India y Japón. Estas naciones están invirtiendo en tecnologías de nueva generación y en colaboraciones estratégicas, con el objetivo de fortalecer sus capacidades logísticas espaciales.

El crecimiento de la demanda en áreas como el despliegue satelital, la exploración espacial y el servicio en órbita está actuando como catalizador para la rápida expansión de los OTV a nivel mundial.

Estados Unidos.

Estados Unidos lidera el desarrollo de OTV gracias a una sólida cooperación entre el sector público y privado. La NASA impulsa tecnologías avanzadas en asociación con empresas como SpaceX, Blue Origin y Northrop Grumman, fomentando el desarrollo de OTV reutilizables, eficientes y autónomos, con enfoque de mantenimiento de satélites, logística orbital e iniciativas de exploración interplanetaria y posesionarse como líder tecnológico, innovación privada y objetivos de largo plazo en movilidad espacial.

La NASA en el año 2025 ha seleccionado a seis empresas para realizar estudios sobre vehículos de transferencia orbital, centrados en métodos más económicos para lanzar y transportar naves espaciales de diversos tamaños y formas a múltiples órbitas de difícil acceso.

Cada una de las seis compañías realizará estudios que explorarán la futura aplicación de vehículos de transferencia orbital para las misiones de la NASA:

- Arrow se asociará con Quantum Space para este estudio. El Ranger de Quantum ofrece un servicio de entrega de carga útil como una nave espacial multimisión diseñada para una rápida maniobrabilidad y adaptabilidad, lo que permite la entrega a múltiples destinos para misiones desde la órbita baja terrestre hasta la órbita lunar.



Crédito: Arrow

- Blue Origin realizará dos estudios, incluyendo uno para Blue Ring, una gran plataforma espacial de alta movilidad que ofrece servicios completos de entrega de carga útil, computación de borde a bordo, alojamiento y operaciones de misión de extremo a extremo. Utiliza capacidad híbrida de propulsión solar-eléctrica y química para alcanzar destinos geoestacionarios, cislunares, Marte e interplanetarios. El segundo es un estudio de la etapa superior New Glenn.



Crédito: Blue Origin

- La línea de vehículos orbitales Elytra de Firefly ofrece entrega de carga útil bajo demanda, imágenes, comunicaciones de larga distancia y conocimiento del dominio en el espacio cislunar. El Elytra Dark de Firefly está equipado para servir como vehículo de transferencia y permitir operaciones continuas en órbita lunar durante más de cinco años.



Crédito: Firefly Aerospace

- Impulse Space realizará dos estudios. La compañía proporciona movilidad espacial con dos vehículos: Mira y Helios. Mira es una nave espacial de alto empuje y gran maniobrabilidad para el alojamiento y despliegue de cargas útiles, mientras que Helios es una etapa de impulso de alta energía para el transporte rápido de cargas útiles desde órbitas terrestres bajas a órbitas terrestres medias, órbitas geoestacionarias y más allá.



Crédito: Impulse Space

- Los dos estudios de Rocket Lab incluirán la etapa superior del cohete Neutron de la compañía, así como un vehículo de transferencia orbital de larga duración basado en su nave espacial Explorer. Ambos vehículos están equipados con sus propios sistemas de propulsión y otros subsistemas para misiones a órbitas terrestres medias y geosíncronas, así como a destinos del espacio profundo como la Luna, Marte y asteroides cercanos a la Tierra.



Crédito: Rocket Lab

- United Launch Alliance evaluará las capacidades de misión cislunar de una etapa superior Centaur V de larga duración. Centaur podría transportar directamente múltiples naves espaciales de transporte compartido a dos destinos orbitales diferentes en el espacio cislunar, evitando así la necesidad de una etapa de cohete adicional o un vehículo de transferencia orbital.

Europa.

Europa está desarrollando una gama diversa de Vehículos de Transferencia Orbital que reflejan su enfoque en logística espacial, sostenibilidad y autonomía tecnológica. Los OTV europeos están más orientados a servicios comerciales, científicos y de limpieza orbital.

Existen varios vehículos europeos de transferencia orbital en desarrollo. Esto incluye startups de lanzamiento que desarrollan etapas superiores o de arranque multifunción, como Rocket Factory Augsburg, Dark y Skyrora, y empresas de logística espacial centradas principalmente, en el desarrollo de vehículos de transferencia orbital, como Exotrail, Lúnasa

Space, Porkchop, UARX Space y D-Orbit. También, existen empresas que desarrollan estos vehículos específicamente para la eliminación de desechos orbitales, como ClearSpace.



Representación de la nave espacial ION. Imagen: D-Orbit.

Alemania se perfila como un competidor estratégico dentro del ecosistema OTV gracias a su infraestructura avanzada en ingeniería espacial. La agencia espacial DLR ha desarrollado estudios sobre OTV reutilizables para carga comercial y satelital, con enfoque en logística orbital para satélites comerciales y misiones científicas, y destacarse como colaborador internacional a través de la ESA, lo que amplía el alcance global de sus desarrollos.

China.

China ha invertido agresivamente en tecnologías OTV, con aplicaciones comerciales y militares. La agencia espacial CNSA colabora con empresas emergentes del sector privado para desarrollar OTV destinados al reabastecimiento, transferencia orbital y reutilización de satélites, con enfoque en la autosuficiencia tecnológica, defensa espacial y expansión en misiones de larga duración, con el objeto de posesionarse como actor clave en la infraestructura logística espacial del futuro.

Aunque China no utiliza explícitamente el término OTV en sus programas lunares, el concepto está implícito en varias de sus tecnologías de soporte y logística orbital:

- Chang'e 5 y 6: Incluyen módulos de ascenso y transferencia que funcionan como OTVs internos, llevando muestras desde la superficie lunar a la órbita lunar y luego a la Tierra.
- Lanyue Lander (2025): Realizó pruebas de despegue y aterrizaje como parte de la preparación para misiones tripuladas en 2030. Este tipo de vehículo podría integrar capacidades de transferencia orbital para ensamblaje o reabastecimiento en órbita lunar.
- Estación lunar en el polo sur: China planea establecer una base científica en la Luna antes de 2030. Esto requerirá vehículos logísticos tipo OTV para transportar módulos, suministros y posiblemente astronautas entre órbitas lunares y la superficie.

China también, ha demostrado capacidades de transferencia interplanetaria con sondas como Chang'e 2, que tras su misión lunar realizó un sobrevuelo de un asteroide y se adentró en el espacio profundo, probando su red de control TT&C.

- Shijian-21

La nave espacial china desarrollada por la Academia de Tecnología Espacial de Shanghái (SAST), Shijian-21 es un OTV de mitigación de desechos espaciales, en la categoría de remolcadores grandes, que pudo mover el satélite Beidou-2 G2, que ya no funcionaba, de su órbita geostacionaria y lo remolcó a una órbita cementerio sobre el cinturón geostacionario, a 35.786 kilómetros sobre el ecuador. Esto marcó la primera vez que un vehículo producido fuera de los EE. UU. logró tal hazaña. Además, fue también la segunda vez en la historia que se realizó este tipo de maniobra.

- Shijian-25 (SJ-25)

Es un satélite experimental chino lanzado en enero de 2025 para probar tecnologías clave de servicio en órbita, como el reabastecimiento de combustible y la extensión de la vida útil de otros satélites, y para ayudar a reducir los desechos espaciales. La misión ha sido observada con atención por Estados Unidos, ya que demuestra capacidades que podrían ser tanto civiles como militares.

Fue lanzado el 6 de enero de 2025 desde China a bordo de un cohete Gran Marcha-3B, y a partir de junio de 2025, ha estado realizando operaciones de aproximación cercana con el satélite Shijian-21 y se ha informado que los satélites se han acoplado para realizar operaciones de reabastecimiento de combustible, un hito histórico en la capacidad de mantenimiento espacial.

La misión Shijian-25 sugiere que China se centra en mejorar las capacidades para mantener y prolongar la vida útil de los satélites ya en órbita. Estas capacidades pueden reducir costos y mejorar la sostenibilidad de las operaciones espaciales.

El Shijian-25 fue desarrollado y fabricado por la SAST, una importante filial de la Corporación de Ciencia y Tecnología Aeroespacial de China (CASC).

Objetivos de la misión:

- Servicio en órbita: El objetivo principal es desarrollar y probar la capacidad de reabastecer de combustible a otros satélites y extender su vida útil en el espacio.
- Reducción de desechos: Al mantener los satélites en funcionamiento por más tiempo, se busca prolongar su vida útil y disminuir la cantidad de desechos en órbita.
- Consolidación tecnológica: La misión busca avanzar en las tecnologías críticas para el mantenimiento autónomo en el espacio, un paso importante para China como potencia espacial.

India.

India, a través de su agencia espacial ISRO, está comenzando a consolidar su presencia en el mercado de OTV, apostando por soluciones económicas, eficientes y sostenibles. Su estrategia se centra en reducir costos de lanzamiento y ofrecer servicios en órbita competitivos, con un enfoque en la accesibilidad comercial, despliegue de satélites de bajo costo, colaboración internacional, destacando su potencial para convertirse en un actor importante en el segmento de OTV de bajo presupuesto.

Japón.

Japón está avanzando en el desarrollo de OTV a través de JAXA, su agencia espacial nacional. Se están diseñando vehículos ligeros, de alta eficiencia, orientados al mantenimiento de satélites y al soporte de misiones interplanetarias, con enfoque en la alta eficiencia energética, diseño compacto y soporte a misiones internacionales, destacándose en la estrategia basada en alianzas globales para expandir su participación en el mercado OTV.

OTV como arma antisatélite (ASAT).

En teoría, un OTV puede ser adaptado para funciones antisatélite, aunque no todos los OTV están diseñados con ese propósito. La clave está en su capacidad para realizar maniobras de proximidad y rendezvous orbital (RPO), lo que les permite acercarse a otros satélites con precisión. Esta habilidad puede ser usada para fines pacíficos (como mantenimiento o inspección), pero también, puede ser militarizada.

Capacidades ASAT Potenciales de un OTV.

Un OTV podría convertirse en un sistema ASAT si se le dota de:

- Capacidad de interceptación: Maniobras precisas para acercarse a un satélite objetivo.
- Carga útil destructiva o de interferencia: Desde explosivos hasta sistemas de guerra electrónica.
- Capacidad de remolque o desorbitación: Para sacar al satélite de su órbita funcional.

Conclusión.

A medida que crece la demanda por inserciones orbitales precisas —especialmente tras el despliegue de misiones de transporte compartido a gran escala— y se intensifica la necesidad de gestionar los desechos orbitales, la adopción de vehículos de transferencia orbital aumentará de forma inevitable y sostenida.

La carrera por el dominio de la logística espacial orbital está en plena expansión, y los OTV se consolidan como infraestructura esencial en esta nueva etapa. Cada nación adopta enfoques estratégicos distintos, aprovechando sus fortalezas tecnológicas, capacidades industriales y objetivos geopolíticos para posicionarse en este mercado emergente.

Con la acelerada comercialización del espacio, aspectos como la colaboración internacional, la modularidad tecnológica y la reutilización operativa serán determinantes para definir el liderazgo en el mercado OTV durante la próxima década.

El desarrollo continuo de estos vehículos representa una oportunidad estratégica de alto impacto, especialmente en un ecosistema espacial cada vez más activo, competitivo y diversificado. A medida que descienden los costos de acceso al espacio, se consolidan nuevos modelos de negocio y se expanden las capacidades tecnológicas, los OTV se afianzan como vehículos clave para garantizar la sostenibilidad, eficiencia y expansión del entorno espacial.

La segmentación del mercado en OTV de uso único y OTV reutilizables refleja dos estrategias complementarias dentro de la cadena de valor espacial: Los OTV de uso único ofrecen soluciones inmediatas, flexibles y de bajo costo para misiones puntuales, demostraciones tecnológicas y despliegues estratégicos en órbitas específicas.

En cambio, los OTV reutilizables representan el futuro de la movilidad espacial sostenible, actuando como pilares logísticos capaces de realizar múltiples misiones con una sola plataforma, reduciendo significativamente los costos operativos a largo plazo.

La elección del sistema de propulsión en un OTV está estrechamente ligada a su misión, entorno orbital y estrategia de costo-beneficio:

- La propulsión eléctrica, que domina el sector comercial gracias a su alta eficiencia y bajo consumo de combustible, ideal para misiones prolongadas en órbita baja o media.
- La propulsión química, que sigue siendo esencial para tareas críticas que requieren alto empuje y maniobras rápidas.
- La propulsión térmica nuclear y otros sistemas emergentes (como la vela solar o la propulsión láser) están en fases de desarrollo, con gran potencial para misiones interplanetarias y de larga duración en el futuro.

Bibliografía:

AAW

OTV

<https://www.dw.com/es/la-fuerza-espacial-a-imagen-de-su-misterioso-x-37b/a-71745780>

European Orbital Transfer Vehicles Index

<https://www.dvidshub.net/news/232877/x-37b-orbital-test-vehicle-fact-sheet>

<https://www.marketresearch.com/Lucintel-v2747/Orbital-Transfer-Vehicle-Trends-Forecast-41454141/>

<https://spacenews.com/china-launches-shijian-25-satellite-to-test-on-orbit-refueling-and-mission-extension-technologies/>

https://seari.mit.edu/documents/preprints/MCMANUS_AIAA03.pdf

China's Shijian-21 towed dead satellite to a high graveyard orbit - SpaceNews

<https://www.gminsights.com/es/industry-analysis/orbital-transfer-vehicle-otv-market>

Artículo Nº 29 /2025

EL CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO Y LA SEGURIDAD OPERACIONAL



Por Victor Villalobos Collao. Director de Asuntos Aeronáuticos.
04 de noviembre de 2025. 08 Min. Lectura.



El control de tránsito aéreo (ATC, por su sigla en inglés) es el eslabón principal en el complejo crucigrama de la aviación moderna, ejerciendo como una protección indispensable para la seguridad operacional de vuelos de la aviación civil y militar. Este sistema, que se encarga de administrar las operaciones de las aeronaves en el espacio aéreo, en aeropuertos y aeródromos, juega un papel esencial en la seguridad operacional y por ende en la prevención de accidentes. El trabajo se realiza en la asignación optimizada de rutas, el ordenamiento y coordinación de aterrizajes y despegues de las aeronaves.

La Aviación se ha transformado con el correr del tiempo, en el medio de transporte más utilizado y más seguro en el mundo. La importancia del control de tránsito aéreo, sobrepasa la gestión de rutas y el ordenamiento del flujo de aeronaves en un terminal. Se combina con el concepto de la seguridad operacional, concepto que asegura el cumplimiento de las normas y procedimientos recomendados por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), con el propósito de disminuir al máximo los riesgos en la aviación.

Breve definición del control de tránsito aéreo

El control de tránsito aéreo se define como un conjunto de servicios proporcionados por autoridades competentes que tienen como objetivo gestionar el espacio aéreo y garantizar que los vuelos se realicen de manera segura y eficiente.

Esto incluye la separación y dirección de aeronaves, la concesión de autorizaciones para despegar y aterrizar, y el monitoreo continuo del tránsito aéreo durante el trayecto de las aeronaves. Mediante un sistema complejo de radares, comunicaciones por radio y procedimientos estandarizados, los controladores de tránsito aéreo facilitan la movilidad en el espacio aéreo, asegurando que las aeronaves eviten colisiones y que sigan rutas asignadas de acuerdo a estándares operativos internacionales.

Hitos Históricos en la Evolución del Control de Tránsito Aéreo

Los inicios del control de tránsito aéreo se remontan a la década de 1920, cuando se establecieron las primeras prácticas de gestión del espacio aéreo. En 1929, la Conferencia de París sobre la Aviación Civil Internacional marcó un momento crucial, sentando las bases para la cooperación internacional en Aeronáutica.

Sin embargo, no fue sino hasta la Segunda Guerra Mundial que la importancia del control de tránsito aéreo se volvió evidente, ya que se desarrollaron sistemas más estructurados para coordinar los movimientos de las aeronaves.

En 1945, la creación de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) representó un avance significativo, ya que la OACI tuvo como objetivo establecer normas y regulaciones internacionales para el vuelo seguro de aeronaves. Desde entonces, se han implementado múltiples hitos, como la introducción del radar en la década de 1950, que revolucionó el monitoreo y la gestión del espacio aéreo, y la estandarización de procedimientos de control de tránsito en todo el mundo.

Avances Tecnológicos y su Influencia en la Seguridad Operacional

A medida que la Aviación comercial se expandía, se hacía cada vez más evidente la necesidad de adaptar las tecnologías utilizadas en el control de tránsito aéreo. En la década de 1980, se comenzó a utilizar el sistema de gestión de tránsito aéreo basado en radar, que permitió a los controladores tener un seguimiento más preciso de las aeronaves. El avance de la tecnología de comunicaciones, como el Voice over Internet Protocol (VoIP) y la implementación de sistemas automáticos de alerta y notificación también jugaron un papel crucial en la mejora de la seguridad Operacional.

El desarrollo de sistemas de navegación por satélite, como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), ha añadido una capa adicional de precisión en el seguimiento de aeronaves, permitiendo reducir la separación mínima entre ellas y optimizando las rutas de vuelo. Estos avances técnicos han permitido que los controladores de tránsito aéreo gestionen de manera más efectiva un número creciente de vuelos, al tiempo que minimizan los riesgos asociados con el tránsito aéreo creciente.

La Transición hacia un Sistema Globalizado de Control Aéreo

En las últimas décadas, el control de tránsito aéreo ha experimentado una transformación importante hacia un sistema globalizado.

La interconexión de los sistemas de Aviación entre diferentes países ha permitido que el control del tránsito aéreo trascienda las fronteras, creando un flujo más eficiente y seguro de aeronaves en el aire. El sistema de gestión de tránsito aéreo de la próxima generación, conocido como NextGen en los Estados Unidos y SESAR en Europa, busca modernizar la infraestructura de control del tránsito aéreo a través de la automatización y la optimización de procesos.

La cooperación internacional es crucial en esta transición. Programas como el Global Aeronautical Distress and Safety System (GADSS) permiten una supervisión constante y colaboración entre países, así como compartir información vital que refuerza la seguridad operacional. Esto no solo fortalece el control sobre el tránsito aéreo, sino que también fomenta una cultura de mejora continua en la seguridad operacional, demostrando una vez más la importancia del control de tránsito aéreo en la protección de vidas humanas y la prevención de accidentes.

Principios y Funciones del Control de Tránsito Aéreo

Los controladores de tránsito aéreo (ATC, por sus siglas en inglés) desempeñan un papel crítico en la seguridad Operacional mediante la gestión del espacio aéreo. Sus funciones principales abarcan la separación de aeronaves, la autorización de despegues y aterrizajes, y la orientación a los pilotos durante el vuelo. Cada ATC suele especializarse en una de varias áreas, tales como control de aproximación, control en ruta, y control de torres. Esta especialización les permite manejar situaciones complejas y emergencias con agilidad y precisión.



La importancia de la comunicación y la coordinación entre diversas aeronaves

La comunicación efectiva es fundamental para el éxito del control de tránsito aéreo. Los controladores utilizan un lenguaje estandarizado basado en el inglés, el cual es comúnmente hablado en la Aviación internacional, para minimizar las confusiones y errores. La coordinación no solo existe entre los controladores de ATC, sino también entre diferentes aeronaves. Por ejemplo, el uso de transpondedores y sistemas de vigilancia como el ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) permite a los controladores y a los pilotos conocer la ubicación en tiempo real de otras aeronaves en el espacio aéreo. Esto es crucial para evitar colisiones y garantizar una orbital eficiente y segura.

Ejemplos de cómo estas funciones previenen accidentes

Los accidentes aéreos son eventos trágicos que, en muchos casos, pueden atribuirse a fallos en la comunicación o en el control del tránsito aéreo. Un ejemplo notorio es el accidente de los dos aviones en Tenerife en 1977, donde una serie de malentendidos y errores de coordinación llevaron a una de las peores tragedias aéreas en la historia. Sin embargo, desde entonces, la industria Aeronáutica ha implementado mejoras significativas en la formación de los controladores y en los protocolos de comunicación.

En contraste, el exitoso aterrizaje de emergencia del vuelo US Airways 1549 en el río Hudson en 2009 es un ejemplo de cómo la colaboración entre el piloto y el controlador puede marcar la diferencia entre la vida y la muerte. Gracias a la rápida comunicación y respuesta del controlador, el piloto recibió instrucciones que le permitieron llevar a cabo un aterrizaje controlado y seguro, salvando a 155 pasajeros y miembros de la tripulación. Este incidente refleja la vital importancia del control de tránsito aéreo bien coordinado en situaciones extremas.

La tecnología en el control de tránsito aéreo

La tecnología juega un papel fundamental en la modernización del control de tránsito aéreo. Innovaciones como el sistema de gestión de tránsito aéreo (ATM, por sus siglas en inglés) y los sistemas de alerta de tránsito y de colisión (TCAS) han mejorado significativamente la capacidad de los controladores para realizar su trabajo. Además, la implementación de herramientas como el Sistema de Vigilancia Dependiente Automática (ADS-B) (Boletín Informativo y de Análisis N° 28-2022), permite una mejor visibilidad y seguimiento de aeronaves, lo que contribuye a la reducción del riesgo de accidentes.

El papel del control de tránsito aéreo en situaciones de emergencia

Los controladores de tránsito aéreo están entrenados para manejar situaciones de emergencia, lo que incluye incidentes mecánicos, meteorológicos o problemas de salud de los pasajeros. En cada caso, la rapidez y efectividad de la comunicación pueden ser determinantes para el resultado. Por ejemplo, cuando un avión reporta fallas en uno de sus motores, el controlador debe actuar rápidamente para dirigirlo a un aeropuerto cercano y coordinar un aterrizaje seguro, además de movilizar los equipos de emergencia necesarios en tierra.

En resumen, los principios y funciones del control de tránsito aéreo son esenciales para la seguridad operacional en la Aviación. A través de una formación rigurosa, el uso de tecnología avanzada, y una comunicación efectiva, los controladores desempeñan un papel crucial en la prevención de accidentes y en la gestión de situaciones de emergencia, asegurando así un entorno aéreo más seguro para todos.

Estudio de casos donde el control eficaz ha salvado vidas

Existen numerosos casos en la historia de la Aviación donde un control de tránsito aéreo eficiente ha sido clave para evitar tragedias.

Uno de los ejemplos más notables es el incidente del vuelo 747 de KLM en 1977 en el aeropuerto de Los Rodeos, donde una combinación de comunicación inadecuada y el mal control del tránsito aéreo resultaron en el accidente más letal en la historia de la Aviación.

Este evento llevó a la implementación de mejores protocolos de comunicación y a la estandarización de procedimientos, lo que destaca cómo una simple mejora en el control puede salvar vidas.

Por otro lado, el caso del vuelo 1549 de US Airways es un testimonio del impacto positivo del control de tránsito aéreo. Tras un fallo en los motores poco después del despegue, los controladores rápidamente guiaron al piloto hacia el río Hudson, facilitando una maniobra de aterrizaje de emergencia que resultó en la supervivencia de 155 personas a bordo. Este evento ilustra cómo la capacidad de respuesta efectiva de los controladores puede ser la diferencia entre la vida y la muerte.



La capacitación del control de tránsito aéreo en la preparación para emergencias

El control de tránsito aéreo no solo juega un papel crucial en la prevención de accidentes, sino que también es fundamental en situaciones de emergencia. En eventos naturales, como huracanes o terremotos, el sistema de control de tránsito realiza una planificación y ejecución rápida de rutas de desvío para asegurar que las aeronaves puedan aterrizar de forma segura o evitar áreas de peligro. Esto implica una coordinación meticulosa que involucra no solo a los controladores de tránsito aéreo, sino también a otros organismos como bomberos, servicios de emergencia y hospitales.

La capacitación regular en procedimientos de emergencia ayuda a los controladores a reaccionar adecuadamente ante situaciones críticas. Estudios muestran que los sistemas de control de tránsito que simulan escenarios de emergencia como parte del entrenamiento contribuyen significativamente a mejorar la capacidad de respuesta en la vida real.

El uso de simuladores de vuelo y herramientas tecnológicas avanzadas permite a los controladores practicar situaciones de alta presión, lo que refuerza su competencia y confianza durante emergencias.

Además, la colaboración entre diferentes países a nivel global para compartir datos y mejores prácticas en el control de tránsito aéreo amplifica la seguridad operacional. Los sistemas de intercambio de información, como el Sistema de Aviso de Colisión, permiten que los controladores en diferentes regiones estén al tanto de todas las aeronaves y sus respectivos movimientos, promoviendo una zona de espacio aéreo más segura.



Futuro del Control de Tránsito Aéreo y la Seguridad Operacional

El control de tránsito aéreo (CTA) se encuentra en medio de una revolucionaria transformación impulsada por innovaciones tecnológicas que prometen mejorar tanto la eficiencia como la seguridad. Una de las tendencias más significativas es la integración de sistemas de **inteligencia artificial (IA)** y **análisis predictivo** en la gestión del tránsito aéreo. Estos sistemas son capaces de analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real, permitiendo a los controladores anticipar y gestionar situaciones complejas antes de que se conviertan en problemas.

Además, la implementación de tecnologías como el **NextGen** en los EE. UU. y el **SESAR** en Europa está redefiniendo cómo se organiza el espacio aéreo. Estas iniciativas se centran en la digitalización y la mejora de la comunicación aire-tierra, favoreciendo la **separación vertical** y la **optimización de rutas**. A través de sistemas de **navegación satelital**, se aumenta la precisión, lo que se traduce en menor riesgo de colisiones y mayor capacidad de gestión del tránsito y por ende una seguridad operacional más potente.

Desafíos actuales y futuros para la seguridad Operacional

A pesar de los avances tecnológicos, la industria del transporte aéreo enfrenta diversos desafíos. La creciente congestión de los cielos es una preocupación constante, especialmente con la proyección de aumentos significativos en el tránsito aéreo en las próximas décadas.

Asimismo, la incorporación de aeronaves no tripuladas (drones), la necesidad de automatización y las ciberamenazas son un nuevo horizonte que requiere atención urgente.

La seguridad cibernética del control de tránsito aéreo se ha convertido en un área crítica; un ataque cibernético a las infraestructuras de control podría tener consecuencias devastadoras. Por lo tanto, se requiere una actualización continua de protocolos de seguridad y la formación del personal en aspectos de defensa cibernética.

Conclusiones

A la luz de las recientes innovaciones y los desafíos emergentes, es innegable que el control de tránsito aéreo es un componente esencial para garantizar la seguridad operacional.

La importancia del control de tránsito aéreo radica no solo en su capacidad para prevenir accidentes, sino también en su papel fundamental en la facilitación de un crecimiento seguro y sostenible en el transporte aéreo. A medida que la industria avanza hacia un futuro más tecnificado, la colaboración entre gobiernos, organizaciones Aeronáuticas y la comunidad tecnológica será crucial para enfrentar los desafíos que se avecinan.

La adaptabilidad del sistema de control de tránsito aéreo y la integración de soluciones innovadoras serán determinantes para salvaguardar tanto la seguridad de las aeronaves como de los pasajeros. Con un enfoque continuo en la mejora y la regulación, el futuro del control de tránsito aéreo promete ser un pilar fundamental en la seguridad del transporte aéreo, asegurándose de que, independientemente del tamaño del desafío, los cielos se mantendrán seguros para todos.

El control de tránsito aéreo es un componente vital de la seguridad operacional que no puede subestimarse. A medida que hemos explorado su historia y evolución, ha quedado claro que los avances en la tecnología y la implementación de nuevos sistemas han jugado un rol crucial en la mejora de la seguridad en los vuelos. La función de los controladores de tránsito aéreo es esencial no solo para la coordinación y la comunicación entre diversas aeronaves, sino también para la prevención activa de accidentes que podrían tener consecuencias desastrosas.

Mirando hacia el futuro, es evidente que el control de tránsito aéreo se enfrentará a desafíos significativos, particularmente con los avances tecnológicos como la automatización y el uso de inteligencia artificial. Sin embargo, con estos desafíos también vienen oportunidades para innovar y mejorar aún más la seguridad. Es fundamental que las organizaciones y los profesionales del sector se mantengan adaptables y comprometidos con las mejores prácticas en el control aéreo.

La importancia del control de tránsito aéreo reside no solo en su capacidad para gestionar el espacio aéreo, sino en su papel fundamental para garantizar la seguridad de millones de personas que confían en la Aviación comercial cada año. La inversión en este sistema y la formación continua ofrecen la clave para un futuro más seguro en la Aviación, donde cada vuelo puede realizarse con la confianza de que se está bajo la protección de un control de tránsito aéreo competente y eficiente.

La seguridad operacional en aviación se define como el estado en el que los riesgos asociados a las operaciones aéreas se reducen y controlan hasta niveles aceptables.

En este contexto, el CTA forma parte de los Sistemas de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS), que permiten identificar peligros, evaluar riesgos y aplicar medidas preventivas.

Organismos como la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) han establecido normas y recomendaciones para que los proveedores de servicios de navegación aérea implementen estos sistemas. En países como Chile, la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) ha adoptado el Programa Estatal de Seguridad Operacional (SSP), que promueve una cultura de seguridad basada en la mejora continua y el análisis de datos.

El crecimiento exponencial del tráfico aéreo plantea nuevos desafíos para el CTA. La incorporación de aeronaves no tripuladas (drones), la necesidad de automatización y la ciberseguridad son aspectos que requieren atención constante. Asimismo, la formación y capacitación de los controladores aéreos debe adaptarse a los avances tecnológicos y a los nuevos escenarios operacionales.

Bibliografía:

DAN 14 / 04 DGAC

DAN 11

DAN 11 / 08 DGAC

Manual para servicios de Tránsito Aéreo del LAR 211

Programa Estatal de Seguridad (SSP)

Boletín Informativo y de Análisis N° 28-2022

Artículo Nº 30/2025

LAS CLAVES PARA EL DISEÑO DE UNA FUERZA DE AVIONES DE COMBATE COLABORATIVOS



Por Santiago Rivas. Director de la Revista Pucará Defensa. periodista graduado en la Universidad Católica Argentina y fotógrafo. Investigador Asociado del CEEA.

20 de noviembre de 2025. 05 Min. Lectura.

Esta publicación, proveniente de la revista argentina Pucará/Defensa, ha sido autorizada por el Autor.



A comienzos de 2025, el Mitchell Institute for Aerospace Studies presentó el estudio "Logistics While Under Attack: Key to a CCA Force Design", cuyo autor es el coronel retirado de la USAF Mark A. Gunzinger, el cual plantea que la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (USAF) enfrenta una crisis estructural. Después de décadas de recortes presupuestarios, reducciones de flota y demoras en programas de modernización, su capacidad para alcanzar superioridad aérea frente a un adversario par, como China, ha sido gravemente erosionada. La flota de combate es más pequeña, más antigua y menos preparada que nunca, con solo 120 F-22 en condiciones de combate y sin F-15C/D activos. Los F-35 por sí solos no son suficientes para cubrir las demandas operacionales actuales y potenciales en el teatro del Pacífico.

La Amenaza China

El reporte destaca que China ha estudiado los métodos de guerra aérea de EE.UU. y ha construido una red de defensa aérea integrada (IADS) de primer nivel. Ha desarrollado cazas de 5ª generación, misiles aire-aire de largo alcance y capacidades de alerta temprana. Su estrategia se basa en negar a EE.UU. la capacidad de intervenir eficazmente, combinando defensas aéreas avanzadas con ofensivas contra bases aéreas y nodos logísticos estadounidenses.



Relevancia permanente de la superioridad aérea

A pesar del auge de drones y misiles, el informe defiende que la superioridad aérea sigue siendo esencial para el éxito de cualquier operación militar. La falta de esta capacidad, como se observa en la guerra entre Rusia y Ucrania, puede empujar a una guerra de desgaste que favorece al adversario con mayores recursos materiales.

CCA como parte de la solución

Los Collaborative Combat Aircraft (CCA) son vehículos aéreos no tripulados diseñados para operar junto a aeronaves tripuladas. Su objetivo no es reemplazar a los cazas actuales, sino complementarlos. Estos vehículos ofrecen:

- * Costos reducidos.
- * Operación autónoma o semiautónoma.
- * Despliegue desde bases más dispersas.
- * Posibilidad de ser desechables o recuperables según la misión.

Logística como condición de éxito

El éxito de los CCA depende de contar con una estructura logística robusta y adaptada al entorno hostil del Pacífico. Debe minimizarse la necesidad de recursos como combustible, repuestos, y espacio en pista. Por ello, la logística debe incorporarse desde el diseño y no como un elemento posterior.



Rediseño de la fuerza de superioridad aérea

La segunda parte del reporte se enfoca en cómo rediseñar la fuerza para mantener la superioridad aérea en este tipo de escenario. Allí destaca cuatro aspectos:

- **Capacidad, supervivencia y alcance:** Los recortes presupuestarios han reducido la flota de combate a menos de la mitad desde 1991. La falta de alcance, carga útil y resiliencia compromete la capacidad para enfrentar a China. Los CCA ofrecen una vía para aumentar capacidad y crear una fuerza más resiliente y distribuida.

- **Adaptación al Entorno de Amenaza:** China ha desarrollado una fuerza aérea y de defensa aérea moderna, con aviones como el J-20 y sistemas SAM de largo alcance. Posee capacidad de atacar todas las bases estadounidenses en el Pacífico, incluyendo Guam y Australia del Norte, con misiles balísticos como el DF-26 y armas hipersónicas.

- **Conceptos de Operación de los CCA:** Los CCA no deben limitarse a actuar como "loyal wingmen". Deben operar de forma autónoma o en enjambres, generando múltiples dilemas para las fuerzas enemigas. Deben diseñarse con:

- * Baja firma logística.

- * Capacidad de lanzamiento desde ubicaciones dispersas o improvisadas.

- * Uso común de municiones para simplificar la logística.

- **Postura Distribuida y Resiliente:** Una de las principales ventajas de los CCA es su capacidad para operar desde sitios cercanos al conflicto (e.g., Filipinas, Japón), incluso bajo riesgo de ataque. Esto permitiría sostener operaciones de presión constante contra las defensas chinas y reducir la dependencia del reabastecimiento aéreo.

Hallazgos del Ejercicio TTX del Instituto Mitchell

En 2024 el Instituto Mitchell realizó un ejercicio TTX (tabletop exercise) que reunió a más de 60 expertos de la USAF e industria, donde se propuso evaluar conceptos operacionales con CCA, medir requerimientos logísticos reales y determinar viabilidad bajo ataque enemigo. Del mismo se generaron como principales conclusiones el generar salidas de CCA en guerra con China es viable si se minimizan las necesidades logísticas. El diseño de los CCA debe considerar la estandarización de municiones para reducir la complejidad y desplegar CCA cerca del conflicto mejora el tiempo en zona de combate y reduce dependencia del reabastecimiento.

Los expertos propusieron emplear grandes números de CCA desechables y recuperables como primera línea de ataque. Esto absorbería fuego enemigo, degradaría sus defensas, y reduciría riesgos para aeronaves tripuladas. El diseño debe enfocarse en crear dilemas, saturar defensas y mantener presión continua.

Además, concluyeron que los CCA deben integrarse con cazas de 5.^a generación y bombarderos, no reemplazarlos. La sinergia entre aeronaves habitadas y no habitadas es clave para lograr superioridad aérea.



Ejemplos Operacionales

Dentro de los resultados del ejercicio TTX se plantearon distintos escenarios de uso de los sistemas no tripulados:

- Misiones de Supresión de Defensas (SEAD): Una célula del TTX planeó emplear los CCA para suprimir radares y SAM chinos antes de ataques tripulados. Usaron CCA en tres ejes de ataque para confundir defensas y forzar la activación de sistemas enemigos.
- Protección de Activos Aéreos de Alto Valor (HVAA): Otra célula diseñó tres líneas de esfuerzo para proteger tanqueros y E-7 Wedgetail:

1. Pantalla frontal con CCA para atacar J-20 y KJ-500.
 2. Emboscadas entre ataques para mantener presión.
 3. Operaciones de engaño con CCA como señuelos.
- Misiones Continuas entre Pulsos de Ataque: Usar CCA entre oleadas de ataques permite mantener presión sobre el IADS chino, evitar su recuperación y maximizar el efecto de cada golpe.

Recomendaciones del Informe

1. Minimizar requisitos logísticos: Reducir consumo de combustible, piezas y personal. Estandarizar diseños para facilitar mantenimiento.
2. Desarrollar nuevos conceptos operacionales: CCA independientes y colaborativos, no limitados a "wingmen".
3. Usar CCA entre pulsos tripulados: Mantener presión y confundir al enemigo.
4. Adquirir CCA expendables en masa: Altos números para absorción de riesgo y saturación.
5. Acelerar la adquisición: No esperar tecnologías futuras si las actuales son viables.
6. No sustituir cazas avanzados con CCA: Son fuerzas complementarias.
7. Alinear CCA con inventarios de munición: Priorizar armas comunes y efectos no cinéticos (e.g., guerra electrónica).
8. Evaluar sitios avanzados de operación: Estimar requerimientos logísticos y acuerdos con países anfitriones.
9. Usar aeronaves no tripuladas para logística: CCA de carga o variantes comerciales no tripuladas para evitar riesgos a tripulaciones.
10. Ampliar comprensión de necesidades logísticas: Continuar ejercicios, simulaciones y estudios de campaña.



Conclusión general

El informe establece que los CCA pueden convertirse en un multiplicador de fuerza decisivo si se diseñan con criterios logísticos desde el inicio. Su éxito no dependerá sólo de su tecnología, sino de su integración en una fuerza balanceada, resiliente y con capacidad para sostener operaciones bajo fuego enemigo. La USAF debe adoptar un enfoque estratégico donde logística, capacidad y doctrina evolucionen conjuntamente para enfrentar la amenaza creciente de China en el Pacífico.

Artículo N° 31 / 2025

REABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE EN EL ESPACIO UN PILAR ESTRATÉGICO PARA LA SOSTENIBILIDAD ESPACIAL



Por Álvaro Aguirre Warden, Director de Asuntos Espaciales.
21 de noviembre de 2025. 10 Min. de lectura.

Introducción

El reabastecimiento de combustible en órbita constituye un hito decisivo para el futuro de las operaciones espaciales. Sus beneficios potenciales abarcan desde la extensión de la vida útil de los satélites hasta la viabilidad de misiones de exploración interplanetaria, e incluyen mejoras sustantivas en seguridad, eficiencia y autonomía estratégica. En un contexto de creciente democratización del acceso al espacio y de intensificación de la competencia por sus recursos, resulta imperativo promover el desarrollo de tecnologías que garanticen una logística autónoma fuera de la Tierra.

Sin la existencia de estaciones de reabastecimiento —ya sea en el espacio cislunar, en plataformas orbitales o en la superficie lunar—, la expansión humana sostenible más allá de la órbita terrestre continuará siendo una meta restringida. No obstante, los avances tecnológicos recientes sugieren que la implementación práctica de tales sistemas podría concretarse en un futuro próximo.

Durante las últimas décadas, el entorno espacial cercano a la Tierra se ha convertido en un ámbito cada vez más congestionado, competitivo y estratégicamente disputado. La proliferación de satélites comerciales, científicos y militares ha incrementado la demanda de recursos orbitales y la necesidad de mayor maniobrabilidad y resiliencia operativa. Aunque los satélites obtienen su energía a partir de paneles solares, su capacidad de desplazamiento depende exclusivamente del combustible que transportan. Una vez agotado, quedan inactivos o deben ser desorbitados para evitar que se conviertan en desechos espaciales. En este contexto, el reabastecimiento de combustible en órbita emerge como un elemento esencial para la sostenibilidad de las operaciones espaciales, tanto en el ámbito civil como en el estratégico.



Recreación artística de Gasolinera espacial GAS-T reabasteciendo a un satélite Northrop Grumman

Beneficios e implicaciones del reabastecimiento orbital

La implementación de un sistema confiable de reabastecimiento orbital ofrecería múltiples ventajas. En primer lugar, permitiría extender significativamente la vida operativa de los satélites, optimizando la inversión inicial y reduciendo la necesidad de lanzamientos de reemplazo. En segundo lugar, otorgaría a los operadores una mayor libertad para ejecutar maniobras, incrementando la capacidad de evitar colisiones, reposicionar satélites según la demanda o responder ante interferencias y amenazas. Este aspecto adquiere especial relevancia en el ámbito militar, donde la movilidad y flexibilidad en órbita pueden constituir una ventaja táctica determinante.

El reabastecimiento orbital también conlleva profundas implicaciones geopolíticas. En un escenario de competencia entre potencias espaciales, la capacidad de prolongar la vida útil de satélites críticos o reposicionarlos con rapidez puede representar una ventaja estratégica considerable. Asimismo, la posibilidad de efectuar maniobras frecuentes y precisas es crucial en contextos de guerra electrónica o confrontación espacial, donde la resiliencia y continuidad operativa de los activos orbitales adquieren un valor prioritario.

Una dimensión aún más transformadora radica en la producción de combustible directamente en el espacio. Las tecnologías de minería lunar o de procesamiento in situ (ISRU, In-Situ Resource Utilization) permitirían acceder a recursos como el agua o el hidrógeno, utilizables como propelentes. Esta capacidad reduciría los costos de lanzamiento desde la Tierra y sentaría las bases para una infraestructura logística autosuficiente en el entorno espacial.

Superar los desafíos técnicos que implica la transferencia de combustible en condiciones de microgravedad y en entornos de baja gravedad —como la superficie lunar— constituye un requisito fundamental para el establecimiento de una presencia humana sostenida fuera de la Tierra.

El desarrollo de tecnologías que viabilicen el reabastecimiento en órbita representa, por tanto, un avance estratégico que habilitará misiones espaciales de larga duración, más económicas y con mayor flexibilidad operativa.



Diseño artístico de nave cisterna espacial Fuente (Orbit Fab)

En particular, la creación de estaciones de reabastecimiento orbitales permitiría reducir de forma significativa la masa inicial de lanzamiento, lo que favorecería arquitecturas de misión más eficientes. Además, esta capacidad resultaría esencial para garantizar el retorno de misiones tripuladas desde la Luna y Marte con costos reducidos, un requisito indispensable para la consolidación de planes de colonización y presencia humana permanente en otros cuerpos del sistema solar.

Reabastecimiento de combustible en órbita baja (LEO) o geoestacionaria (GEO)

En la actualidad, el ciclo de vida de un satélite está determinado, en gran medida, por la cantidad de combustible que puede transportar desde su lanzamiento. Esto impone severas restricciones a su capacidad de maniobra, obligando a los operadores a racionar el combustible desde el inicio de la misión. Tal limitación reduce la vida útil de los activos y compromete su adaptabilidad ante fallas, amenazas o cambios orbitales.

Aunque la idea del reabastecimiento orbital se remonta a la NASA en la década de 1960, el desafío técnico sigue siendo considerable. En particular, realizar operaciones de acoplamiento a velocidades relativas de hasta 11.200 km/h a unos 35.200 km sobre la superficie terrestre (GEO) requiere una precisión extraordinaria. Los satélites deben disponer de capacidades avanzadas de navegación, maniobra y sujeción para lograr un acoplamiento seguro.

El desarrollo de estaciones de reabastecimiento permitirá una profunda reconfiguración del diseño de vehículos espaciales. Al eliminar la necesidad de grandes reservas de combustible desde el lanzamiento, las misiones podrán ser más ligeras, modulares y adaptativas, lo que facilitará el acceso a destinos más lejanos, como la Luna o Marte, y promoverá una economía espacial más sostenible y escalable.



Esquema de cómo funcionan los servicios de reabastecimiento. (Orbit fab)

No obstante, las operaciones en GEO son significativamente más complejas que en LEO debido a los retrasos de comunicación, mayor exposición a radiación y sensibilidad del entorno orbital. Para llevar a cabo el acoplamiento y la transferencia, ambos satélites deben sincronizar con precisión su posición, velocidad y orientación. Una vez acoplados, es necesario establecer una conexión sellada que permita la transferencia segura del propelente. Cualquier error podría causar fugas, daños estructurales o alteraciones orbitales no deseadas.

La transferencia de hidracina, un combustible potente pero altamente tóxico y volátil, ejemplifica la dificultad técnica del proceso. Lograr una transferencia segura en GEO —más allá del alcance de la mayoría de las misiones de servicio previas— constituye un testimonio del avance tecnológico alcanzado.

Con esta capacidad, los satélites dejarán de ser plataformas desechables para convertirse en parte de una infraestructura viva y evolutiva.

Reabastecimiento de combustible en la Luna

El reabastecimiento de combustible en la superficie lunar constituye un componente esencial para la consolidación de una infraestructura espacial sostenible. La capacidad de producir, almacenar y transferir propelentes in situ representa un cambio de paradigma en la arquitectura logística interplanetaria, al reducir la dependencia de suministros desde la Tierra y, en consecuencia, los costos y limitaciones asociados a los lanzamientos desde el pozo gravitacional terrestre.

El aprovechamiento de recursos locales mediante tecnologías de Utilización de Recursos In Situ (ISRU, In-Situ Resource Utilization) se erige como un requisito fundamental para viabilizar misiones de larga duración, seguras y económicamente viables en la superficie lunar y en otros entornos del sistema solar. Entre los recursos de mayor interés se encuentra el hielo de agua detectado en regiones polares, especialmente en cráteres permanentemente sombreados. Su extracción y posterior electrólisis permiten obtener hidrógeno (H_2) y oxígeno (O_2), constituyentes esenciales de los propelentes criogénicos (LOX/LH₂) utilizados en motores de alto rendimiento.

Tanto la NASA como la ESA investigan sistemas de excavación, refinamiento y almacenamiento criogénico dentro del marco del Programa Artemis, con el objetivo de establecer una cadena de suministro de propelente lunar. La electrólisis impulsada por energía solar, complementada con la reacción de Sabatier ($\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$), permitiría además la síntesis de metano (CH_4) y oxígeno, ampliando la gama de combustibles disponibles y adaptables a distintos sistemas de propulsión.



Desde el punto de vista operativo, la implementación de estaciones de reabastecimiento lunar aportaría ventajas estratégicas significativas. Entre ellas, la reducción de la masa inicial de lanzamiento desde la Tierra, la posibilidad de realizar maniobras orbitales intermedias y el soporte logístico para misiones tripuladas o robóticas hacia Marte y otros destinos interplanetarios. La Luna, en este contexto, se configuraría como un nodo logístico intermedio dentro de una red de transporte espacial autosuficiente.

No obstante, los desafíos tecnológicos son sustanciales. La transferencia de fluidos criogénicos en condiciones de baja gravedad, la mitigación de los efectos del polvo lunar (regolito), la protección térmica y radiológica de los sistemas, y el desarrollo de plataformas robóticas autónomas para operación y mantenimiento son áreas críticas de investigación. Además, la integración entre módulos de extracción, plantas de procesamiento ISRU y vehículos de ascenso o transporte orbital exige una arquitectura modular altamente confiable y eficiente.

Desde una perspectiva estratégica, el control de instalaciones de reabastecimiento lunar podría conferir ventajas geopolíticas a los actores que dominen esta infraestructura, consolidando posiciones de liderazgo en la futura economía y seguridad espacial.

El reabastecimiento de combustible en la Luna representa, en definitiva, un paso fundamental hacia la expansión sostenible de la presencia humana en el espacio profundo. La capacidad de generar recursos energéticos y propelentes in situ permitirá establecer misiones de larga duración, reducir costos, aumentar la resiliencia operativa y facilitar la exploración de destinos más lejanos, como Marte y asteroides cercanos. Así, la Luna no solo se concibe como un objetivo científico y exploratorio, sino como un nodo estratégico de la infraestructura espacial del futuro.

Producción de combustible en el espacio

La Agencia Espacial Tripulada de China (CMSA) anunció que, durante la misión Shenzhou-19, los astronautas lograron producir oxígeno y etileno a bordo de la estación espacial Tiangong mediante un proceso de fotosíntesis artificial, un logro sin precedentes en órbita.

Este avance permitió generar productos químicos útiles —como oxígeno respirable y etileno— utilizando únicamente luz solar, dióxido de carbono y catalizadores semiconductores, sin depender de grandes cantidades de energía eléctrica ni de recursos transportados desde la Tierra.

El proceso imita la fotosíntesis natural de las plantas, aunque en lugar de clorofila emplea catalizadores semiconductores (habitualmente óxidos metálicos o materiales como dióxido de titanio dopado) que provocan una reacción fotoquímica dentro de un dispositivo instalado en la estación. Cuando la luz solar incide sobre estos materiales, se liberan electrones que activan reacciones químicas capaces de dividir el CO_2 y el H_2O , produciendo O_2 (oxígeno) y C_2H_4 (etileno). Este último es un hidrocarburo fundamental para la fabricación de combustibles sintéticos y materiales plásticos.

A diferencia de los métodos convencionales de producción de oxígeno —como la electrólisis utilizada en la Estación Espacial Internacional—, esta técnica no requiere convertir la energía solar en electricidad antes de generar aire respirable. Si bien la electrólisis es efectiva, su alto consumo energético la vuelve poco práctica para misiones de larga duración.

En cambio, el uso de catalizadores semiconductores permite transformar el dióxido de carbono a temperatura y presión ambiente, reduciendo de manera significativa la demanda energética.

Si esta tecnología se perfecciona, podría permitir una autosuficiencia completa en el espacio, al generar oxígeno y combustible a partir del CO_2 exhalado por los astronautas. Esto reduciría la carga lanzada desde la Tierra, abarataría las misiones, prolongaría su duración y abriría el camino hacia ciclos cerrados de recursos, acercando el ideal de una biosfera artificial autosostenible.

Aunque la agencia espacial china confirmó el éxito del proceso de fotosíntesis artificial, no especificó la cantidad de oxígeno y etileno producidos. La efectividad de los catalizadores semiconductores determinará si estos sistemas se incorporan a operaciones regulares y si otras agencias desarrollan tecnologías equivalentes. Con Estados Unidos y China planeando misiones tripuladas a la Luna durante la próxima década, la gestión eficiente de recursos será un elemento fundamental para ambos programas.

Países que han realizado actividades de reabastecimiento

China

La República Popular China ha dado un paso decisivo hacia la capacidad de reabastecimiento de combustible en órbita a través de su agencia espacial CNSA y de sus contratistas Shanghai Academy of Spaceflight Technology (SAST) y Aerospace Science and Technology Corporation (CASC).

En enero de 2025, China lanzó con éxito el satélite Shijian 25 mediante un cohete Long March 3B desde el Centro de Lanzamiento de Xichang. Según SAST, su objetivo principal es “verificar tecnologías de reabastecimiento de combustible y extender la vida útil de los satélites”.

Hasta hace poco, estas operaciones eran únicamente teóricas o experimentales; ahora, según los informes públicos, han entrado en una fase operativa de prueba.

Entre junio y julio de 2025, los satélites Shijian 21 y Shijian 25 realizaron maniobras de proximidad (Rendezvous and Proximity Operations, RPO) en órbita geoestacionaria (GEO, ~36 000 km). Se reportó un cambio de velocidad (ΔV) superior a 330 m/s, calificado por un exoficial del United States Space Command como “la mayor maniobra única jamás observada en GEO”. Durante estas operaciones, Shijian 25 transfirió aproximadamente 142 kg de hidrazina al Shijian 21, extendiendo su vida útil hasta ocho años. Los datos de seguimiento sugieren que se logró un acoplamiento, o al menos una unión muy cercana, entre ambos satélites.

Lo más notable es que toda la operación se realizó de manera completamente autónoma, sin intervención mecánica externa. Los satélites gestionaron por sí mismos la aproximación, el acoplamiento, la estabilización y el abastecimiento de combustible mediante sistemas integrados a bordo. Este nivel de autonomía espacial resulta esencial a medida que las distancias orbitales aumentan y el control humano en tiempo real se vuelve inviable.

Con este logro, China demuestra no solo capacidad de lanzamiento, sino también de servicio, extensión y potencial reutilización de plataformas espaciales en órbitas de alto valor estratégico. Esto desafía el paradigma tradicional de los satélites en GEO, que habitualmente agotan su combustible y finalizan su vida útil sin posibilidad de extensión.

La demostración tiene implicaciones significativas: optimización de constelaciones, reducción de desechos espaciales, mayor flexibilidad operativa y aplicaciones potenciales tanto civiles como militares.

Estados Unidos

Diferentes empresas privadas y la NASA de Estados Unidos están realizando diferentes actividades para lograr el reabastecimiento en el espacio.

NASA

Investigación de transferencia criogénica en órbita (laboratorio)

En 1992, el NASA Lewis Research Center (hoy parte de Marshall) publicó un estudio titulado “*On-orbit cryogenic fluid transfer research at NASA Lewis Research Center*”, que modela la transferencia de hidrógeno líquido (LH₂) entre tanques bajo el método “no-vent fill”.

El estudio abordó aspectos como presión del tanque receptor, temperatura de entrada del líquido, tasa de flujo y condiciones iniciales del tanque receptor. Estos son componentes críticos para diseñar transferencias reales en microgravedad.

Aunque es investigación en entorno sub-órbita/laboratorio, sienta las bases tecnológicas para aplicaciones reales en órbita.

Sensor de masa/volumen para monitoreo de fluidos en microgravedad

En 2014, la NASA desarrolló tecnología de sensores basados en PZT (zircón titanado de plomo) para medir la masa/volumen de los fluidos en tanques en microgravedad.

Esta herramienta es relevante porque un reto en órbita es no saber dónde está el líquido (y cuánto) dentro del tanque cuando no hay gravedad que lo asiente. Esta incertidumbre complica transferencias seguras.

Aunque no es una “transferencia de combustible” per se, es un componente crítico de la arquitectura general de gestión de propulsor en el espacio.



Los sensores de medición de masa de PZT (Titanato de Circonato de Plomo) se han instalado en un tanque con revestimiento compuesto dentro de las instalaciones del Cryogenics Testbed en el Centro Espacial Kennedy de la NASA en Florida. Nasa Daniel Casper

Empresa SpaceX

SpaceX realizó una demostración de reabastecimiento de combustible en el vuelo de prueba de Starship el 14 de marzo de 2024. Durante ese vuelo, se realizó una demostración de transferencia de propulsor en vuelo. SpaceX planificó transferir al menos 10 toneladas métricas de oxígeno líquido desde un tanque de cabecera al tanque principal dentro de la etapa superior de Starship mientras estaba en el espacio.

El próximo hito importante es la demostración en la que dos Starships se acoplarán en órbita, y una transferirá combustible a la otra. En esa misión, una Starship "objetivo" se lanzará primero y entrará en órbita, seguida tres o cuatro semanas después por una Starship "cazadora". Los dos vehículos se acoplarán con el perseguidor transfiriendo combustible al objetivo. Después de la demostración, las dos naves estelares se desacoplarán y desorbitarán.

La tecnología de transferencia de combustible es esencial para los planes de SpaceX para las misiones Starship más allá de la órbita terrestre baja, incluida la versión del Sistema de Alunizaje Humano (HLS) de Starship que se utilizará para alunizar astronautas a partir de la misión Artemis 3. Múltiples lanzamientos de Starship transferirán propulsor a un depósito en órbita terrestre baja que luego se utilizará para alimentar el HLS Starship, enviándolo a la luna.

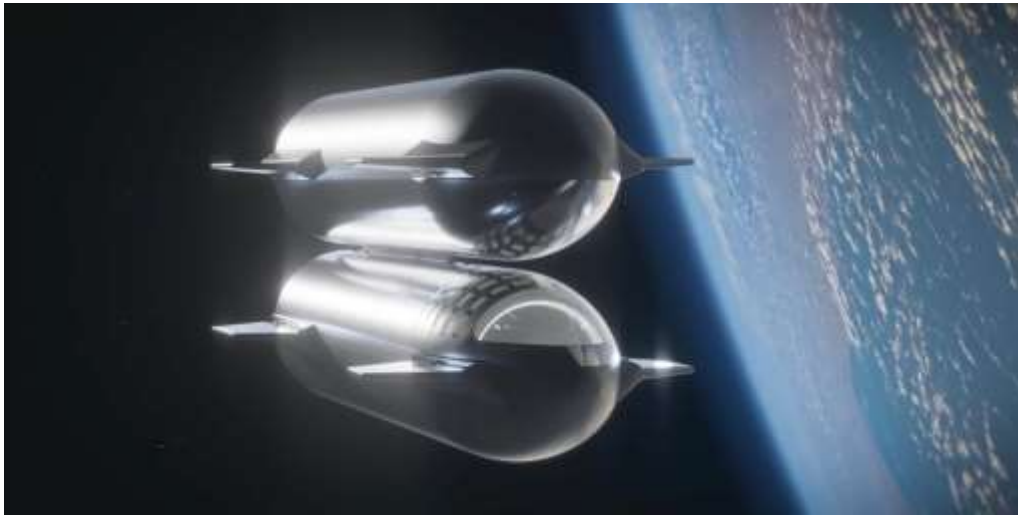
Importancia técnica de una muestra que la transferencia en ambiente de microgravedad o baja gravedad es viable al menos dentro de un solo vehículo. El reto mayor será pasar de “tanque a tanque interno” a “nave tanque → nave receptora”.

Limitaciones señaladas: aún no se ha mostrado públicamente la transferencia entre dos vehículos distintos, y los detalles (tiempos, tasas, pérdidas por ebullición, acoplamientos) siguen sin ser totalmente divulgados.

Aunque SpaceX ha dado un paso muy importante con su demostración interna de “tanque a tanque” en Starship, la transferencia entre vehículos distintos aún no ha sido confirmada públicamente como completada.

El reto no es solo mover el combustible, sino hacerlo de forma segura, con mínimas pérdidas y gestionando la vida útil del depósito/vehículo: pérdidas por ebullición (boil-off), asentamiento del líquido, acoplamiento, integración térmica, efectos de dos fases y cambios térmicos.

La parte de “utilización de recursos in situ” (ISRU) en la Luna o Marte y luego usar ese combustible para reabastecer en órbita es un paso aún más avanzado tecnológicamente; muchas de las pruebas actuales se centran en órbita terrestre baja como primer escalón.



Dos Starship conectados en órbita. (SpaceX)

SpaceX propone la implementación de infraestructuras in situ para la producción de propelentes mediante el aprovechamiento de recursos locales extraídos en cuerpos celestes como la Luna o Marte. Esta estrategia, conocida como In-Situ Resource Utilization (ISRU), busca reducir la dependencia de los recursos terrestres y superar las limitaciones impuestas por la elevada energía necesaria para escapar de la gravedad terrestre.

Uno de los principales objetivos de la compañía es desarrollar fábricas extraterrestres capaces de producir combustible a partir de materiales disponibles localmente, lo que permitiría abaratar significativamente los costos asociados al transporte de suministros desde la Tierra y facilitar la sostenibilidad de futuras colonias en otros mundos.

Empresa Northrop Grumman

La compañía Northrop Grumman fue seleccionada por el Comando de Sistemas Espaciales (SSC), dependiente de la Fuerza Espacial de Estados Unidos, para un contrato de su Módulo de Reabastecimiento Pasivo (PRM). En particular, de la creación de la interfaz para las plataformas que actuarán como gasolineras en órbita y que darán combustible a los satélites del SSC.

El sistema de interfaz de reabastecimiento que está desarrollando Northrop Grumman incluye elementos para atracar y transferir combustible con éxito.

El PRM será la interfaz que actúe como intermediaria entre la nave gasolinera y el receptor de la carga de combustible, que serán satélites militares estadounidenses. Estos últimos deberán llevar un puerto de carga compatible con el PRM que se acaba de aprobar, una capacidad que incluirán en futuros diseños

Tanto la compañía como la rama espacial del Pentágono pretenden poner en órbita la interfaz en 2025 a bordo de la misión MRV (Mission Robotic Vehicle) de SpaceLogistics.



MRV, donde se probará por primera vez la interfaz de reabastecimiento Fuente: Northrop Grumman

El Comando de Sistemas Espaciales también apoyará el desarrollo de una satélite cisterna completo que proporcionará el combustible en el espacio para misiones en órbita geosíncrona. Northrop Grumman recibió otro contrato para ejecutar este programa principal.

Se trata de la parte más importante de todo el programa y ha recibido el nombre de Geosynchronous Auxiliary Support Tanker (GAS-T, de sus siglas en inglés). Tendrá una capacidad de carga de 1.000 kilogramos de hidrazina, el combustible que emplea la mayoría de satélites, mientras que el total de la gasolinera espacial crecerá hasta los 2.000 kilogramos.

También se conoce que tendrá la capacidad de proveer de combustible a múltiples satélites y que será el propio GAS-T el que se acercará al cliente; realizando las maniobras de aproximación y acople gracias al PRM.



MRV ejecutando una maniobra de reabastecimiento Northrop Grumman

Agencia Espacial Europea (ESA)

ESA hizo un contrato con Orbit Fab un contrato para estudiar el reabastecimiento de combustible en órbita a los satélites de telecomunicaciones. Este contrato está dentro del programa de Investigación Avanzada en Sistemas de Telecomunicaciones (ARTES por sus siglas en inglés), para integrar en satélites de comunicaciones en órbita geoestacionaria sistemas para poder reponer el xenón que usan como combustible, para mantener la posición orbital, y así alargar la vida útil de éstos.

La empresa ya emplea el sistema RAFTI (siglas en inglés de Interfaz de transferencia de fluidos rápidamente acoplable) para cargar o repostar diferentes tipos de combustibles en satélites, tanto en tierra como en órbita, y ahora actualizará el mismo para el xenón.

El estándar llamado el RAFIT, es un puerto diseñado para que un satélite pueda ser reacondicionado para recibir combustible en órbita o incluso en tierra con la misma interfaz. Orbit Fab llevó a cabo el experimento “Furphy” en la Estación Espacial Internacional (EEI) donde se transfirió agua para probar las dinámicas de fluidos en microgravedad, como paso intermedio hacia la propulsión.



Israel

Helios se creó en 2018 en un taller de innovación celebrado por la Agencia Espacial de Israel durante la Semana Espacial de Israel de ese año. La compañía desarrolló un reactor electroquímico que extrae oxígeno del regolito lunar (una mezcla de suelo, polvo y roca rota en la superficie de la luna), que hará económicamente viables las misiones múltiples y a largo plazo a la Luna, permitiendo que las colonias lunares vivan de la tierra en lugar de transportar todo su combustible y otros recursos desde la Tierra.

El proceso de Helios, denominado electrólisis del regolito fundido y probado en condiciones similares a las de la luna, puede fundir el suelo lunar a 1,600 grados centígrados y luego, mediante electrólisis, crear oxígeno que se almacena para su uso.

La empresa ha simulado la mayoría de las condiciones de la Luna para probar su sistema, utilizando arena similar a la lunar desarrollada por la Universidad de Florida Central a partir de muestras traídas de la Luna.

Helios firmó el año pasado un acuerdo con la multinacional tecnológica europea OHB SE para suministrar su tecnología de producción de oxígeno y metales en la Luna a bordo del sistema de aterrizaje lunar LSAS (Lunar Surface Access Service). La tecnología de Helios volará en las tres primeras misiones del LSAS a la superficie lunar a partir de 2025, lo que permitirá a la empresa probar su tecnología en condiciones reales.

Japón

Astroscale Holdings Inc. es una empresa con sede en Japón dedicada a la investigación y el desarrollo de tecnologías relacionadas con servicios en órbita, como la eliminación de desechos espaciales y las demostraciones en el espacio.

La empresa Astroscale tiene un contrato de 25,5 millones de dólares para la creación de un prototipo de vehículo en el año 2026 para proporcionar servicios de repostaje a los satélites compatibles. El SSC también está evaluando otras opciones como la de Lockheed Martin y Orbit Fab.

Conclusión

El desarrollo de tecnologías para el reabastecimiento de combustible en el espacio representa un cambio fundamental en la manera de concebir la infraestructura espacial. A diferencia del modelo tradicional de satélites desechables, esta capacidad permitiría extender la vida útil de las misiones y diseñar naves más ligeras, modulares y eficientes, reduciendo así los costos de lanzamiento y mantenimiento.

Superar los desafíos técnicos asociados con la transferencia de combustible en microgravedad o en la superficie lunar es esencial para mantener una presencia humana prolongada más allá de la órbita terrestre. Esta tecnología abriría la puerta a estaciones de servicio orbitales y facilitaría la rentabilidad de misiones a la Luna y Marte, impulsando la exploración y eventual colonización interplanetaria.

No obstante, estas capacidades también tienen implicaciones militares y geopolíticas, dado que los mismos sistemas de acoplamiento y manipulación podrían emplearse con fines ofensivos. Por ello, su desarrollo es observado con cautela por las principales potencias espaciales.

Aunque proyectos como la Estación Espacial Internacional aún dependen del reabastecimiento desde la Tierra, los avances recientes sugieren que una infraestructura de repostaje en el espacio podría ser viable en el corto o mediano plazo, marcando el inicio de una nueva era de exploración espacial sostenible.

Además, la introducción del reabastecimiento en órbita permitirá optimizar el diseño de las naves y la planificación de misiones. Los vehículos podrían centrarse en el rendimiento y la eficiencia del espacio disponible, sin la necesidad de almacenar combustible en exceso, lo que transformaría significativamente los parámetros económicos que hoy limitan los viajes espaciales.

En este escenario, los países y actores que dominen las tecnologías de reabastecimiento, acoplamiento autónomo y procesamiento de recursos espaciales ejercerán una posición de liderazgo estratégico en la nueva era de la economía y seguridad espacial.

AAW

chinadaily.com.cn+1

china-in-space.com+3Consejo de Estado de China+3chinadaily.com.cn+3

SpaceX avanza en las tecnologías de reabastecimiento de combustible en el espacio de Starship - SpaceNews

Read More: <https://www.jalopnik.com/china-creates-rocket-fuel-in-orbit-with-just-carbon-dio-1851753935/>

Read More: <https://www.jalopnik.com/1891454/china-close-to-refueling-satellites-on-orbit/>

Read More: <https://www.jalopnik.com/1891454/china-close-to-refueling-satellites-on-orbit/>

SpaceX realiza una demostración de capacidad como parte del desarrollo de la tecnología de reabastecimiento de combustible en el espacio - Executive Gov

Read More: <https://www.jalopnik.com/1891454/china-close-to-refueling-satellites-on-orbit/>

Investigación de transferencia de fluidos criogénicos en órbita en el Centro de Investigación Lewis de la NASA - Servidor de Informes Técnicos de la NASA (NTRS)

Mass Gaging System Will Measure Fuel Transfer in Zero Gravity - NASA

South China Morning Post+2interplanetary.tv+2

South China Morning Post

spaceeyenews.com+1

South China Morning Post+1

Space+1

NTRS

<https://www.enlacejudio.com/2022/08/22/startup-israeli-de-tecnologia-espacial-producira-oxigeno-en-la-luna/>

© EnlaceJudío

Artículo N° 32 / 2025

MISIONES A MARTE. PARTE IV



Por Álvaro Aguirre Warden, Director de Asuntos Espaciales.
16 de diciembre de 2025. 10 Min. de lectura.

En esta parte IV se darán a conocer las misiones a Marte efectuadas por Estados Unidos desde 1998 a la fecha.

Programa Mars Surveyor.

El programa Mars Surveyor '98 está compuesto por dos naves espaciales lanzadas por separado, el Mars Climate Orbiter (anteriormente Mars Surveyor '98 Orbiter) y el Mars Polar Lander (anteriormente Mars Surveyor '98 Lander). Las dos misiones debían estudiar el tiempo, el clima y el balance de agua y dióxido de carbono marcianos, con el fin de comprender los depósitos, el comportamiento y el papel atmosférico de los volátiles y buscar evidencia de cambios climáticos a largo plazo y episódicos.

Mars Climate Orbiter.

Fue lanzado al espacio por un cohete Delta 7425 el 11 de diciembre de 1998 desde Cabo Cañaveral, y después de un breve crucero en órbita terrestre, la tercera etapa Delta II puso a la nave espacial en trayectoria transmariana y unos 15 días después del lanzamiento se ejecutó maniobras de corrección de trayectoria y durante el crucero a Marte, se realizaron otras tres correcciones de trayectorias el 4 de marzo, el 25 de julio y el 15 de septiembre de 1999.

Llegando a Marte ejecutó el encendido del motor principal de inserción en órbita el 23 de septiembre de 1999, para que pasara por detrás de Marte y debía resurgir y establecer contacto de radio con la Tierra 10 minutos después de que se completara la combustión, sin embargo, el contacto nunca se restableció y no se recibió ninguna señal.

Los hallazgos de la junta de revisión de fallas indican que un error de navegación se debió a que algunos comandos de la nave espacial se enviaron en unidades inglesas en lugar de convertirse en métricos. Esto hizo que la nave espacial perdiera su altitud prevista de 140 a 150 km sobre Marte durante la inserción en órbita, y en su lugar entrara en la atmósfera marciana a unos 57 km. La nave espacial habría sido destruida por las tensiones atmosféricas y la fricción a esta baja altitud.



Mars Climate Orbiter. Fuente: NASA.

Mars Polar Lander.

El módulo Mars Polar Lander y las sondas Deep Space 2 adjuntas se lanzaron al espacio por un cohete Delta 7425 el día 3 de enero de 1999 que los colocó en una órbita de estacionamiento terrestre baja, para posteriormente la tercera etapa se encendió durante 88 segundos para poner a la nave en una trayectoria de transferencia a Marte, separándose la nave espacial de la tercera etapa sin observaciones. Las maniobras de corrección de trayectoria se realizaron el 21 de enero, el 15 de marzo, el 1 de septiembre, el 30 de octubre y el 30 de noviembre de 1999.

Después de un crucero de 11 meses llegó a Marte el 3 de diciembre de 1999, y aproximadamente 6 minutos antes de la entrada en la atmósfera, se realizó un encendido de 80 segundos del propulsor que debía girar la nave a su orientación de entrada. La etapa superior de crucero Star 48 debía ser arrojada y unos 18 segundos más tarde las microsondas debían ser lanzadas desde la etapa de crucero a la atmósfera marciana. El módulo de amortizaje debía hacer una entrada directa en la atmósfera de Marte a 6,8 km/s. Debido a la falta de comunicación, no se sabe si se ejecutaron todos estos pasos después del contacto final, ni si alguno de los planes de descenso llevó a cabo según lo diseñado.

La última telemetría del Mars Polar Lander se envió justo antes de la entrada en la atmósfera, el 3 de diciembre de 1999 y no se han recibido más señales del módulo de amortizaje, desconociéndose la causa de esta pérdida de comunicación.



Mars Polar Lander Fuente: NASA.

Programa Mars Surveyor 2001.

Originalmente, este programa consistía en dos misiones lanzadas por separado, la Mars Surveyor 2001 Orbiter y la Mars Surveyor 2001 Lander, esta última que fue cancelada como parte de la reorganización del Programa de Exploración de Marte de la NASA.

El orbitador, rebautizado como Mars Odyssey 2001, orbitaría Marte durante tres años, con el objetivo de realizar un análisis mineralógico detallado de la superficie del planeta desde la órbita y medir el entorno de radiación.

La misión tuvo como objetivos científicos principales recopilar datos para ayudar a determinar si el entorno en Marte fue alguna vez propicio para la vida, caracterizar el clima y la geología de Marte, y estudiar los peligros potenciales de radiación para posibles futuras misiones de astronautas. El orbitador también actuará como un relé de comunicaciones para futuras misiones a Marte durante un período de cinco años.

Mars Odyssey 2001.

Lanzada al espacio el 7 de abril de 2001, y después de un crucero de siete meses llegó a Marte el 24 de octubre de 2001. La nave espacial utilizó una maniobra de propulsión del motor principal de 19,7 minutos para transferirse a una órbita de captura elíptica y utilizó el aerofrenado hasta el 11 de enero de 2002, cuando la nave espacial se retiró de la órbita de aerofrenado a una órbita de 201 x 500 km. Esta órbita se recortó durante las siguientes semanas hasta que se convirtió en una órbita científica polar de 2 horas, aproximadamente 400 x 400 km, el 30 de enero de 2002. El orbitador actuó como un relé de comunicaciones para los Mars Exploration Rovers, que llegaron en enero de 2004, y posiblemente para otras misiones futuras. Se recogieron los datos desde la órbita hasta el final de la misión nominal de 917 días en julio de 2004 y la misión se ha extendido varias veces y continúa operando.



Mars Odyssey. Fuente: NASA.

Rover Spirit y Rover Opportunity.

Estos dos rovers lanzados a Marte a mediados de 2003 llegaron a Marte en enero de 2004 equipados con una batería de instrumentos científicos y podrían recorrer 100 metros al día.

Los objetivos científicos de las misiones del rover son recopilar datos para ayudar a determinar si alguna vez surgió vida en Marte, caracterizar el clima de Marte, caracterizar la geología de Marte y prepararse para la exploración humana de Marte. Para lograr estas metas, se requieren lo siguiente:

- Buscar y caracterizar una variedad de rocas y suelos que contengan pistas sobre la actividad del agua en el pasado.
- Determinar la distribución y composición de minerales, rocas y suelos que rodean los sitios de aterrizaje.
- Determinar qué procesos geológicos han dado forma al terreno local e influido en la química.
- Realizar la "verdad sobre el terreno" de las observaciones de la superficie realizadas por los instrumentos del orbitador de Marte,
- Buscar minerales que contengan hierro, identificar y cuantificar cantidades relativas de tipos específicos de minerales que contienen agua o se formaron en el agua.
- Caracterizar la mineralogía y las texturas de las rocas y los suelos y determinar los procesos que los crearon.
- Buscar pistas geológicas sobre las condiciones ambientales que existían cuando el agua líquida estaba presente y evaluar si esos entornos eran propicios para la vida.

Rover Spirit (Mars Exploration Rover A o MER-2).

Fue lanzado al espacio por un cohete Delta II 7925 estándar el 10 de junio de 2003 y, después de la inserción en una órbita circular de estacionamiento de la Tierra, la tercera etapa se volvió a encender para poner la nave en trayectoria hacia Marte, después de lo cual el aeroshell, el módulo de aterrizaje y el rover se separaron de la tercera etapa. La fase de crucero a Marte finalizó el 20 de noviembre de 2003, 45 días antes de la entrada en Marte pasando a la fase de aproximación duró hasta la entrada en la atmósfera marciana el 4 de enero de 2004.

Al entrar, el aeroshell desaceleró el módulo de aterrizaje en la atmósfera marciana superior durante unos cuatro minutos a una velocidad de 1600 km/h, seguido del despliegue de un paracaídas y justo antes del impacto, a una altitud de unos 100 m, los retrocohetes ralentizaron el descenso y se inflaron las bolsas de aire para amortiguar el impacto.

La nave impactó a unos 50 km/h y rebotó y rodó por la superficie y una vez detenida, las bolsas de aire se desinflaron y se retrajeron, y el rover desplegó sus paneles solares. El amortizaje tuvo lugar el 4 de enero de 2004 en el cráter Gusev, y tres horas después del aterrizaje, las primeras imágenes fueron enviadas a la Tierra, mostrando una llanura plana llena de pequeñas rocas.

El cráter Gusev fue elegido como lugar de aterrizaje porque tiene la apariencia de un lecho lacustre de cráter. Si Gusev estuvo en algún momento lleno de agua, el fondo del cráter puede contener depósitos sedimentarios depositados en el entorno submarino.



Rover Spirit (Mars Exploration Rover A o MER-2) Fuente: NASA.

El 23 de abril de 2009, el rover rompió una delgada corteza de una bolsa de arena que limitó severamente su movilidad. El 1 de mayo ya no podía moverse en absoluto a pesar de los numerosos intentos de mover el rover los que fueron infructuosos, y los paneles solares no pudieron orientarse en una dirección que produjera suficiente energía para pasar el invierno. La última transmisión de Spirit ocurrió el 22 de marzo de 2010. El rover recorrió un total de 7,73 km durante un período de 6 años y 2 meses.

Rover Opportunity.

"Opportunity" (Mars Exploration Rover B o MER-1) fue lanzado al espacio por un cohete Delta II 7925H el 8 de julio de 2003 y después de la inserción en una órbita circular de estacionamiento de la Tierra, la tercera etapa de la nave espacial se volvió a encender y puso la nave en una trayectoria hacia Marte, después de lo cual el aeroshell, el módulo de aterrizaje y el rover se separaron de la tercera etapa.

La fase de crucero a Marte terminó el 11 de diciembre de 2003 dando inicio a la fase de aproximación la que duró hasta la entrada en la atmósfera marciana el 25 de enero de 2004, donde el aeroshell desaceleró el módulo de aterrizaje en la atmósfera marciana superior durante unos cuatro minutos a una velocidad de 1600 km/h, seguido del despliegue de un paracaídas el que redujo la velocidad de la nave espacial y justo antes del impacto, a una altitud de unos 100 m, se encendieron los retrocohetes para ralentizar el descenso y se inflaron las bolsas de aire para amortiguar el impacto.

La nave impactó a unos 50 km/h y rebotó y rodó por la superficie, deteniéndose en un pequeño cráter, donde las bolsas de aire se desinflaron y retrajeron y los pétalos se abrieron y el rover desplegó sus paneles solares. El aterrizaje tuvo lugar en Terra Meridiani que también se conoce como el "Sitio de Hematita".

Opportunity exploró Meridiani Terra, devolviendo imágenes y datos de sus instrumentos científicos, durante más de 14 años. La comunicación final del rover se recibió el 10 de junio de 2018.



"Opportunity" (Mars Exploration Rover B o MER-1) Fuente: NASA.

Mars Reconnaissance Orbiter.

Misión diseñada para orbitar Marte durante un año marciano completo y recopilar datos con seis instrumentos científicos, incluido un generador de imágenes de alta resolución.

Los objetivos científicos de la misión son:

- Caracterizar el clima actual de Marte y sus mecanismos físicos de cambio climático estacional e interanual.
- Determinar la naturaleza del terreno estratificado complejo en Marte e identificar las formas de relieve relacionadas con el agua.
- Búsqueda de sitios que muestren evidencia de actividad acuosa y/o hidrotermal.
- Identificar y caracterizar los sitios con el mayor potencial para la ciencia aterrizada y el retorno de muestras por parte de futuras misiones a Marte.
- Devolver datos científicos de las naves aterrizadas en Marte durante una fase de relevo.

MRO enviará imágenes de alta resolución, estudiará la composición de la superficie, buscará agua subterránea, rastreará el polvo y el agua en la atmósfera y monitoreará el clima.

Fue lanzada al espacio por un cohete Atlas V-401 el 12 de agosto de 2005 desde el Centro Espacial Kennedy. El crucero a Marte duró siete meses e incluyó chequeos, calibraciones, navegación y cinco maniobras de corrección de trayectoria. El 10 de marzo de 2006 llegó a Marte y realizó una maniobra de inserción en la órbita de Marte, pasando por debajo del hemisferio sur de Marte y encendiendo sus motores principales durante unos 27 minutos., a falta de 6 minutos para el final de la combustión, la MRO pasó por detrás de Marte, visto desde la Tierra. La comunicación por radio se reanudó cuando resurgió unos 30 minutos después y las operaciones científicas comenzaron en noviembre de 2006 y con múltiples extensiones de la misión, continúan hasta el presente.



Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) Fuente: NASA.

Phoenix Mars Lander.

Fue diseñado para estudiar la superficie y el entorno cercano a la superficie de un lugar de aterrizaje en el área norte de Marte. Los principales objetivos científicos de Phoenix son: determinar el clima polar y el tiempo, la interacción con la superficie y la composición de la atmósfera inferior alrededor de los 70 grados norte durante al menos 90 soles; determinar las características atmosféricas durante el descenso a través de la atmósfera; caracterizar la geomorfología y los procesos activos que dan forma a las llanuras septentrionales y las propiedades físicas del regolito cercano a la superficie, centrándose en el papel del agua; determinar la mineralogía y la química acuosa, así como los gases adsorbidos y el contenido orgánico del regolito; Caracterizar la historia del agua, el hielo y el clima polar y determinar el potencial biológico pasado y presente de los ambientes superficiales y subsuperficiales.

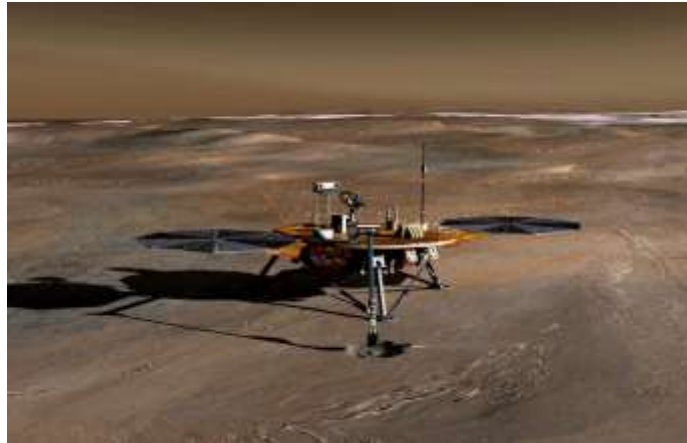
Fue lanzado el 4 de agosto de 2007 por un cohete Delta II 7925 desde Cabo Cañaveral. El crucero a Marte duró aproximadamente 10 meses, con amartizaje en Marte el 25 de mayo de 2008. Catorce minutos antes del amartizaje, y unos 7 minutos antes de la entrada atmosférica, la etapa de crucero fue abandonada. La nave espacial entró en la atmósfera y el escudo térmico inicialmente ralentizó la nave. Después de unos 3 minutos, el paracaídas se desplegó, seguido de la eyección del escudo térmico 15 segundos después, el despliegue de las patas de aterrizaje 10 segundos después y la activación del radar 50 segundos después. A 1 km de altitud se soltó el paracaídas y se logró un descenso motorizado y un aterrizaje suave utilizando un sistema de propulsión pulsada con 8 propulsores, que se apagaban cuando los sensores de la almohadilla detectaban el aterrizaje.

El amartizaje ocurrió el 25 de mayo en la región polar norte, un área relativamente libre de rocas con una alta proporción (30-60%) de hielo y roca. Las temperaturas de la superficie en esta región oscilan entre unos 190 y 260 K y la altitud de aterrizaje es de unos 3,5 km por debajo de la referencia planetaria.

Las comunicaciones se mantuvieron a través de los relés de las naves espaciales en órbita Mars Reconnaissance Orbiter y Mars Express durante todo el descenso y durante aproximadamente 1 minuto después del aterrizaje, después de lo cual no hubo comunicaciones con Phoenix durante aproximadamente una hora y media.

Los paneles solares se desplegaron después de dejar pasar 15 minutos para que el polvo se asentara. Phoenix tomó entonces sus primeras imágenes de sí misma y de sus alrededores. Cuando se reanudaron las comunicaciones, las primeras imágenes, junto con la telemetría de la salud de la nave espacial, se transmitieron a la Tierra. El aterrizaje se produjo justo antes del solsticio de verano del norte, a 68 grados de latitud el Sol estará en el cielo a tiempo completo y no se sumergirá por debajo del horizonte hasta agosto.

Al final del verano, la misión tenía menos energía solar para operar e hizo su última transmisión el 2 de noviembre de 2008 antes de que se agotara la energía.



Phoenix. Fuente: NASA.

Mars Science Laboratory (MSL).

Apodado Curiosity, es un rover con el objetivo de explorar el entorno marciano como hábitat anterior o actual para la vida. Se planificó que la misión opere en Marte durante al menos un año marciano completo (687 días terrestres).

Tiene ocho objetivos científicos:

- Determinar la naturaleza y el inventario de compuestos orgánicos de carbono
- Inventariar los componentes químicos de la vida
- Identificar las características que pueden representar los efectos de los procesos biológicos
- Investigar la composición química, isotópica y mineralógica de los materiales geológicos de la superficie y cercana a la superficie marciana
- Interpretar los procesos que han formado y modificado rocas y suelos
- Evaluar los procesos de evolución atmosférica a largo plazo (es decir, 4.000 millones de años)
- Determinar el estado actual, la distribución y el ciclo del agua y el dióxido de carbono
- Caracterizar el amplio espectro de la radiación superficial, incluyendo la radiación cósmica galáctica, los eventos de protones solares y los neutrones secundarios.

Fue lanzado el 26 de noviembre de 2011 por un cohete Atlas V 541 en una órbita circular de estacionamiento de la Tierra. Después de dejar la órbita terrestre y completar un cruce de 8 meses, llegó a Marte en agosto de 2012. La fase de entrada comenzó a una altitud de 125 km con el MSL encerrado en un aeroshell y un escudo térmico. Después de una serie de maniobras para ralentizar su descenso, unos tres minutos antes del aterrizaje se desplegó un paracaídas y en la fase final del descenso se utilizaron retrocohetes ocurriendo el amortiguaje el 6 de agosto.

Después de un período de prueba, el rover realizó su primer viaje el 22 de agosto, y durante el período nominal de un año marciano (687 días terrestres), el rover viajará de 5 a 20 km y recolectará y analizará aproximadamente 70 muestras de roca y suelo. El lugar de aterrizaje en el cráter Gale fue elegido por su potencial como hábitat anterior o actual para la vida.



Rover Curiosity. Fuente: NASA.

El rover Curiosity actualmente explora el cráter Gale en Marte, está proporcionando nuevos detalles sobre cómo el antiguo clima marciano pasó de ser potencialmente adecuado para la vida, con evidencia de agua líquida generalizada en la superficie, a una superficie que es inhóspita para la vida terrestre tal como la conocemos.



El mapa muestra la ruta recorrida por el rover Curiosity de la NASA desde que amortizó en el cráter Gale el 5 de agosto de 2012.

Mars Atmosphere and Volatile EvolutionN (MAVEN).

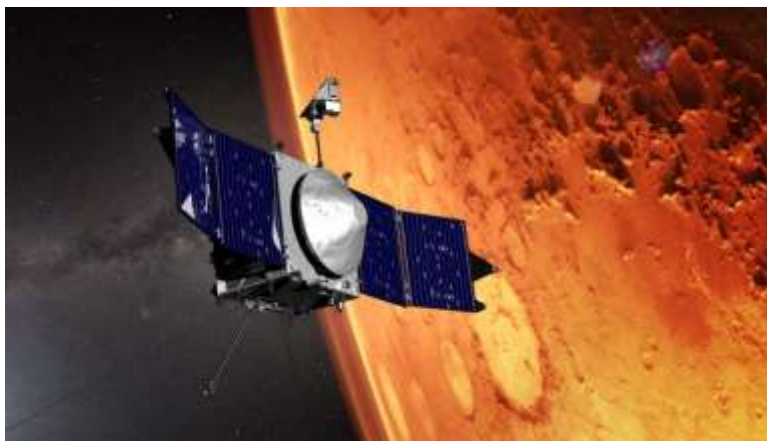
La misión está diseñada para explorar la atmósfera superior y la ionosfera de Marte, y las interacciones con el viento solar, específicamente para determinar la pérdida de compuestos volátiles en el espacio a lo largo del tiempo y cómo ha afectado la historia de la atmósfera y el clima de Marte.

MAVEN tiene cuatro objetivos científicos principales:

- Determinar el papel que ha desempeñado la pérdida de volátiles de la atmósfera de Marte al espacio a lo largo del tiempo
- Determinar el estado actual de la atmósfera superior, la ionosfera y las interacciones con el viento solar
- Determinar las tasas actuales de escape de gases neutros e iones al espacio y los procesos que los controlan
- Determinar las proporciones de isótopos estables que contarán la historia de pérdida de Marte a través del tiempo. MAVEN es parte del programa Mars Scout de la NASA.

Fue lanzada por un cohete Atlas V 401 con una etapa superior monomotor Centaur el 18 de noviembre de 2013, llegando a Marte y realizando la inserción orbital el 22 de septiembre de 2014, entrando en una órbita científica de 4,5 horas con una inclinación de 75 grados y un periapsis de 150 km. La misión científica duraría 1 año e incluía 5 maniobras de "inmersión profunda" durante las cuales el periapsis se disminuyó a 125 km durante períodos de 5 días.

A la fecha MAVEN después de 10 años continúa operando y ha producido una gran cantidad de datos sobre cómo la atmósfera de Marte responde al Sol y al viento solar, y cómo estas interacciones pueden explicar la pérdida de la atmósfera marciana en el espacio.



MAVEN. Fuente: NASA.

InSight (Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport).

Es una misión Discovery de la NASA, que fue lanzado al espacio el 5 de mayo de 2018 por un cohete Atlas V desde Vandenburg, y luego de un crucero de medio año a Marte, amartizó en la región occidental de Elysium Planitia el 26 de noviembre de 2018 realizando observaciones de superficie hasta diciembre de 2022.

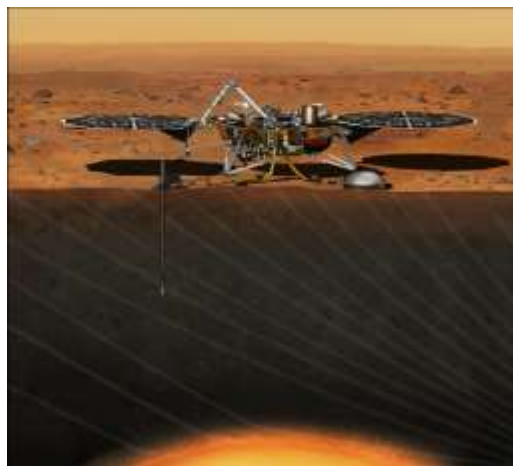
La estación de superficie llevaba cámaras, transpondedor de banda X, instrumentos sísmicos y de flujo de calor diseñados con los objetivos científicos de comprender la formación y evolución de los planetas terrestres a través de la investigación de la estructura interior y los procesos de Marte y determinar el nivel actual de actividad tectónica y la tasa de impacto de meteoritos en Marte.

Los objetivos específicos son determinar:

- El tamaño, la composición y el estado físico (líquido/sólido) del núcleo
- El grosor y la estructura de la corteza
- La composición y estructura del manto
- El estado térmico del interior, y medir la magnitud, tasa y distribución geográfica de la actividad sísmica interna y la tasa de impactos de meteoritos en la superficie.

La misión principal estaba programada para durar unos dos años, finalizando el 24 de noviembre de 2020, posteriormente, la misión recibió una prórroga hasta diciembre de 2022 y la última transmisión se recibió el 15 de diciembre de 2022, luego de dos intentos fallidos de comunicarse con el módulo de aterrizaje, la misión se declaró terminada el 21 de diciembre de 2022, presumiblemente debido a la incapacidad de las baterías de las células solares para mantener suficiente energía para hacer funcionar InSight.

Junto con InSight, se transportaba una demostración de tecnología designada Mars Cube One (MarCO), que consistía en dos pequeños cubesats (MarCO A y B) que actuaron como relés para transmitir datos a la Tierra durante la entrada, el descenso y el aterrizaje de InSight.



InSight. Fuente: NASA.

Mars 2020.

La misión consiste en el amortizaje de un gran vehículo itinerante (Perseverance) en la superficie de Marte para realizar estudios móviles del entorno de la superficie con especial énfasis en la habitabilidad, la vida pasada y la recolección de muestras para futuras misiones.

Los principales objetivos científicos de Mars 2020 son identificar entornos pasados capaces de albergar vida microbiana, buscar signos de posible vida microbiana en el pasado, recolectar muestras de roca central y regolito y almacenarlas en la superficie para futuras misiones, y probar la producción de oxígeno de la atmósfera marciana.

También, transportará el Mars Ingenuity Helicopter, un pequeño helicóptero diseñado para volar en la tenue atmósfera marciana.

Mars 2020 fue lanzado al espacio el 30 de julio de 2020 por un cohete Atlas V-541 desde Cabo Cañaveral, luego de un crucero de 7 meses, el amortizaje tuvo lugar el 18 de febrero de 2021 en el cráter Jezero, en el extremo occidental de la cuenca de impacto de Isidis Planitia. El rover fue desplegado y el helicóptero Ingenuity se separó del rover realizando su primer vuelo el 19 de abril el que tuvo una duración 39,1 segundos y consistió en flotar a 3 metros de altitud durante 30 segundos.

Rover Perseverance.

El rover Mars 2020 Perseverance se basa en el rover Curiosity del Mars Science Laboratory. Tiene una masa aproximada de 1050 kg y mide aproximadamente 3 metros de largo, 2,7 metros de ancho y 2,2 metros de alto. Cuenta con seis ruedas de 52,5 cm de diámetro y un brazo robótico de 2,1 m de largo. La parte superior del rover es la cubierta del equipo.



Rover Perseverance. Fuente: NASA/JPL.

El rover está equipado con una serie de investigaciones científicas, entre ellas: la cámara Mastcam-Z; la cámara WATSON; el instrumento medioambiental MEDA; el generador de imágenes de radar RIMFAX; el espectrómetro de fluorescencia de rayos X PIXL; el espectrómetro Raman UV SHERLOC; el analizador químico SuperCam; y el experimento de generación de oxígeno MOXIE. MOXIE y gran parte de la electrónica de los instrumentos están montados en o debajo de la cubierta del equipo del rover. La antena RIMFAX está montada en la parte inferior trasera del rover. Mastcam-Z y Supercam están montadas en la parte superior del mástil del rover. Los sensores de viento MEDA, los tres sensores de temperatura y el sensor de radiación y polvo están en el mástil medio a inferior.

Dos sensores de temperatura MEDA están montados cerca de la parte delantera del rover, y un sensor de presión está en la cubierta. PIXL, WATSON y SHERLOC están montados en el extremo del brazo robótico.



Hasta octubre de 2024, el rover ha recorrido más de 30 kilómetros (18,65 millas) y ha recogido 24 muestras de roca y regolito, así como una muestra de aire.

Mars Helicopter Ingenuity.

Es una prueba de tecnología experimental, el objetivo principal es demostrar que se puede lograr un vuelo autónomo y controlado en la tenue atmósfera marciana. El helicóptero tiene una masa aproximada de 1,8 kg y vuela con palas gemelas contrarrotantes que giran a casi 3000 rpm. El cuerpo del helicóptero tiene cuatro patas de amortizaje. La energía es proporcionada por paneles solares montados sobre los rotores que cargan las baterías de iones de litio. El helicóptero tiene un mecanismo de calefacción para la supervivencia nocturna. Las comunicaciones se transmitirán a través del rover. No hay experimentos científicos a bordo, ya que se trata estrictamente de una demostración de prueba de concepto.

El primer vuelo, el 19 de abril de 2021, duró 39,1 segundos, flotando a 3 metros de altitud durante 30 segundos. Durante casi 3 años, realizó 72 vuelos y registró más de 2 horas de tiempo de vuelo. Durante un vuelo el 18 de enero de 2024, se perdió el contacto justo antes de aterrizar, el helicóptero cayó alrededor de 1 metro y dañó sus rotores, por lo que ya no era capaz de volar. (helicoptero_marte).



Ingenuity en Marte. Fuente: NASA.

Conclusión.

Desde los primeros sobrevuelos hasta los modernos rovers, la búsqueda de respuestas sobre la historia y la posibilidad de vida en Marte ha sido un motor impulsor de la exploración espacial.

Las nuevas investigaciones en Marte llevadas a cabo por diversos equipos científicos han revelado sorprendentes descubrimientos. Entre los hallazgos más significativos se encuentra la presencia de agua líquida en ciertas regiones del planeta rojo, lo que aumenta las especulaciones sobre la posibilidad de vida en Marte.

Además, se han encontrado evidencias de antiguos ríos y lagos, lo que sugiere que en el pasado Marte pudo haber tenido un clima más cálido y húmedo que el actual. Estos descubrimientos son clave para comprender la historia geológica y climática de Marte, así como para evaluar su potencial habitabilidad.

Los datos recopilados por los diferentes vehículos exploradores, han sido fundamentales para avanzar en el conocimiento sobre el planeta Marte. Estas investigaciones continúan arrojando luz sobre los misterios de este planeta y plantean nuevas preguntas que motivarán futuras misiones espaciales.

En el siglo XX, la humanidad comenzó a explorar el Planeta Rojo con sondas robóticas. Aunque a menudo se consideraban sólo precursores de las misiones humanas, el coste y la complejidad de la expedición a Marte dejaron a los orbitadores automáticos y a los módulos de amortizaje como la única alternativa para la exploración del planeta hasta las primeras décadas del siglo XXI

Estas misiones robóticas a Marte ayudan a reducir el costo y el riesgo de la futura exploración humana. Estas misiones pueden explorar recursos potenciales y evaluar los riesgos de trabajar en el planeta.

Además de los rovers, también se han enviado misiones orbitales para estudiar la superficie marciana y la composición de su atmósfera, lo que ha permitido descubrir evidencias de agua en Marte, lo que ha aumentado aún más el interés en la posibilidad de encontrar vida en el planeta rojo.

La separación entre los dos planetas cambia constantemente debido a sus diferentes velocidades cuando orbitan alrededor del Sol, por lo que el mejor momento para lanzar misiones que requieran la menor cantidad de combustible ocurre una vez cada 26 meses.

<https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/SpacecraftQuery.jsp>



Artículo N° 33 / 2025

MÓDULOS LUNARES DE SISTEMA DE ATERRIZAJE HUMANO (HLS) DEL PROGRAMA ARTEMIS

Por Álvaro Aguirre Warden, Director de Asuntos Espaciales.
23 de diciembre de 2025. 10 Min. de lectura.

La exploración lunar ha regresado con una fuerza sin precedentes en el siglo XXI. Tras décadas de ausencia de misiones tripuladas a la Luna desde el programa Apollo, el programa Artemis de la NASA pretende no solo de llevar seres humanos al satélite natural, sino establecer una presencia sostenida que habilite investigaciones científicas, recursos in situ y, eventualmente, misiones más lejanas hacia Marte. Uno de los elementos primordiales de este programa es el Human Landing System (HLS), una nave específicamente diseñados para transportar astronautas desde la órbita lunar hasta la superficie y de vuelta.

La primera misión denominada Artemis I, fue un vuelo de prueba no tripulado que se efectuó el 16 de noviembre de 2022, para evaluar el SLS (Sistema de Lanzamiento Espacial) y de la cápsula Orión que llevará a los astronautas al espacio. La segunda misión denominada Artemis II, será una misión tripulada por cuatro astronautas que orbitarán la Luna a bordo del módulo Orión. La tercera misión denominada Artemis III tiene como objetivo el de llevar a dos humanos (al menos una mujer y una persona de color) a la superficie de la Luna a través del módulo lunar Sistema de Aterrizaje Humano (HLS, *Human Landing System*) de SpaceX. Las siguientes misiones Artemis IV y en adelante son las conocidas como Sostenida Presencia Lunar (SLD).



Programa Artemis. Fuente: GAO.

El contrato del desarrollo del HLS para Artemis III fue asignado por la NASA a la empresa SpaceX por un valor de 2.900 millones de dólares, y este módulo se conoce como HSL Opción A., posteriormente la NASA modificó el contrato con SpaceX para la etapa de las misiones de Sostenida Presencia Lunar y le ha asignado Artemis IV donde utilizará el módulo HLS Opción B de SpaceX por un valor de 1.150 millones de dólares.

Para la misión Artemis V, la NASA seleccionó a Blue Origin para desarrollar el HLS por un valor de 3.400 millones de dólares.

Cada módulo lunar tripulado se lanzará previamente una versión no tripulada por motivos de seguridad con la excepción del HLS Opción B.

Desafíos de construir un sistema de aterrizaje lunar.

Los obstáculos que enfrenta el HLS son múltiples y complejos. El primero de ellos es el entorno lunar, un lugar hostil donde el agua se encuentra congelada en cráteres permanentemente oscuros, el regolito es abrasivo, la radiación es intensa y las temperaturas varían de forma extrema. Estos factores exigen que los vehículos sean robustos y extremadamente seguros.

Otro desafío es el acoplamiento orbital. Los astronautas viajarán en la nave Orion, la cual se acoplará con el HLS en la órbita lunar. Esta maniobra, que fue común durante el programa Apolo, adquiere nuevas complejidades cuando se integran vehículos de diversas compañías y con interfaces de diseño distintas.

También sobresale la dificultad de desarrollar sistemas de soporte vital capaces de albergar a los astronautas durante días o semanas en la superficie. La NASA ha creado concursos y programas de investigación para fomentar soluciones innovadoras en oxigenación, reciclaje de agua, temperatura, microbios y manejo de desechos.

En la Luna, las naves espaciales como HLS Starship y Blue Moon Mark 2 se enfrentarán a temperaturas extremas, como es el caso del polo sur de la Luna, donde durante la noche lunar, las temperaturas pueden bajar hasta los -223° Celsius, y en algunas partes del espacio profundo, las temperaturas pueden variar desde los 120° Celsius bajo la luz solar directa hasta casi los -273° Celsius en la oscuridad.

Existen dos métodos principales para gestionar las condiciones térmicas, que es el pasivo y el activo. Los controles térmicos pasivos incluyen materiales como aislamiento, pintura blanca, mantas térmicas y metales reflectantes. Los ingenieros también pueden diseñar controles operativos, como apuntar las áreas térmicamente sensibles de una nave espacial lejos de la luz solar directa, para ayudar a gestionar condiciones térmicas extremas. Las medidas de control térmico activo que podrían utilizarse incluyen radiadores o refrigeradores criogénicos.

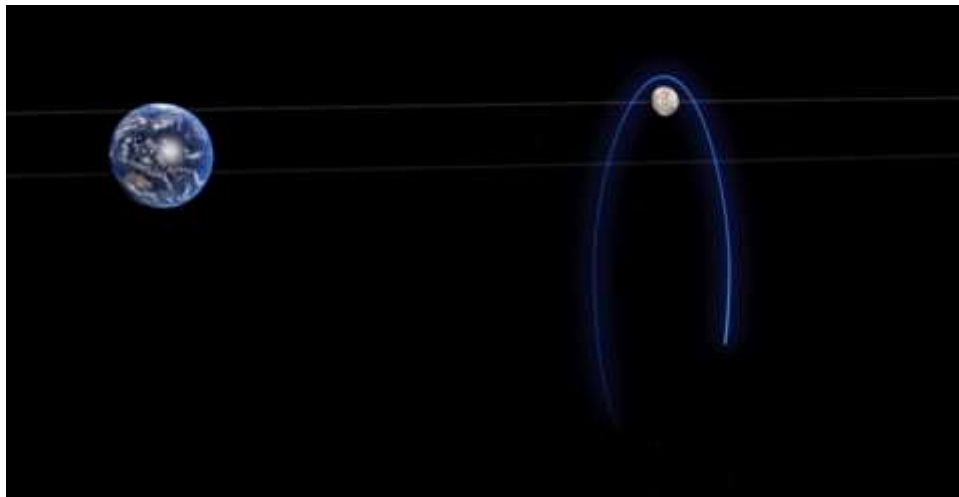
Órbita de Halo Casi Sostenida (NRHO).

Es una órbita que combina las ventajas de la órbita lunar baja (acceso a la superficie) con los beneficios de la órbita retrógrada distante (eficiencia de combustible). NRHO es una órbita de una semana que se equilibra entre la gravedad de la Tierra y la de la Luna. Esta órbita acercará periódicamente a las naves espaciales lo suficiente como para proporcionar un acceso sencillo al Polo Sur de la Luna, a otros sitios de alunizaje de la Luna.

Algunas características claves de la NRHO son:

- Estabilidad: La NRHO se encuentra en un punto de equilibrio entre las fuerzas gravitacionales de la Tierra y la Luna, lo que permite una estabilidad a largo plazo con un mínimo de energía para mantener la órbita.
- Acceso a la superficie lunar: Esta órbita permite un acceso fácil y periódico a la superficie lunar, especialmente al polo sur lunar, que es un área de interés para futuras misiones de exploración.
- Eficiencia de combustible: Debido a su estabilidad, la NRHO requiere menos propulsión para mantener la órbita en comparación con otras órbitas lunares.
- Comunicación: La NRHO proporciona una línea de visión continua con la Tierra, lo que facilita la comunicación ininterrumpida entre la Tierra y la Luna.

La NRHO es ideal para misiones que requieren una presencia sostenida en el espacio cislunar, como la Estación Lunar Gateway, que servirá como un punto de parada para misiones tripuladas a la Luna y más allá.



Órbita NRHO

SISTEMA HLS STARSHIP DE SPACEX.

Starship HLS ofrece una combinación única como un vehículo enorme, reutilizable y diseñado para operar exclusivamente en el espacio, sin necesidad de sobrevivir a reentradas atmosféricas. Su capacidad de transportar más masa y volumen que cualquier alunizador anterior amplía las posibilidades científicas y operativas de cada misión, desde experimentos avanzados hasta equipos pesados para la construcción de bases lunares.

El Starship HLS se basa en la arquitectura general del vehículo Starship, pero adaptado para operar exclusivamente en el espacio en sus funciones lunares por lo cual no necesita un escudo térmico y un frenado aerodinámico como son las naves que ingresan a la Tierra, como es el caso de la Starship.

Su estructura cuenta con un volumen interno habitable significativamente mayor que el del Módulo Lunar del Apolo, ofreciendo espacio para sistemas de soporte vital, áreas de descanso, almacenamiento y estaciones de control.

De acuerdo con la configuración propuesta, el HLS mide alrededor de 50 metros de altura, no tiene superficies aerodinámicas, y su tren de aterrizaje es menos robusto producto de la gravedad lunar como la Starship. Además, recibe la energía eléctrica a través de una banda de paneles solares situada alrededor de la circunferencia del vehículo. Los motores Raptor de la HLS Starship serán ubicados en el medio de la nave para evitar problemas de impacto de la pluma de la nave con el suelo lunar.



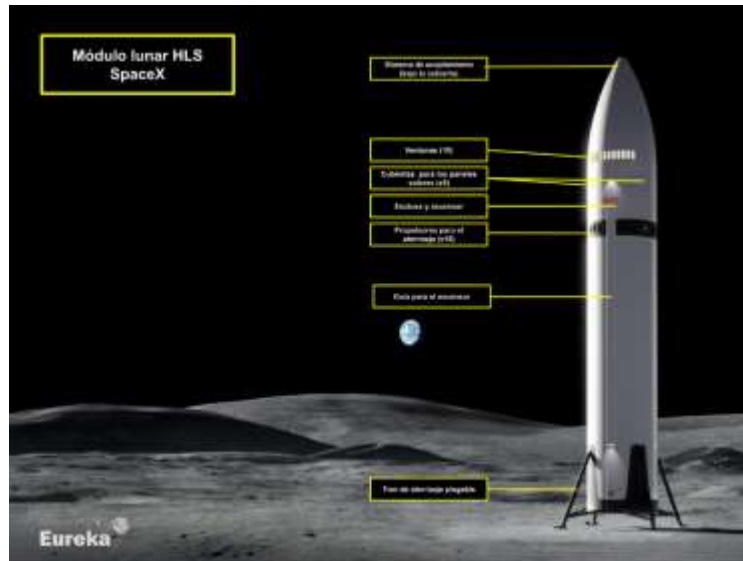
Evolución en el diseño del HLS de SpaceX (SpaceX / Eureka).

Una de las innovaciones más distintivas es el elevador interno, necesario debido a la gran altura del vehículo. Este sistema permitirá descender de forma segura a los astronautas y equipos desde la cabina hasta la superficie lunar. También incorpora un sistema avanzado de acoplamiento que permite conectarlo con la nave Orión o con la futura estación lunar Gateway. Este acoplamiento es esencial, pues la transferencia de tripulación en órbita lunar constituye uno de los puntos más delicados del perfil de misión.

Por otro lado, a diferencia de otros modelos de alunizadores, el HLS emplea motores orientados hacia los costados, llamados landing thrusters, diseñados para minimizar la perturbación del regolito lunar, el polvo extremadamente fino y abrasivo que puede dañar los instrumentos, afectar sensores y representar riesgos para la tripulación. Esta disposición también permite un control más preciso durante las últimas fases del descenso.

La nave HLS Starship tiene las siguientes características:

- 24 propulsores de oxígeno-metano en la parte central del cuerpo para su uso en el aterrizaje en la superficie lunar.
- Capacidad de sobrevolar 100 días en órbita lunar.
- Transporte de material desde la Luna a la órbita y desde la órbita a la Luna.
- Soporte para un mayor número de actividad extravehicular en la superficie lunar que el mínimo requerido por la NASA.
- Se puede aplicar un margen de exceso de combustible para acelerar un ascenso de emergencia desde la Luna.



Partes del HLS en el diseño actual. Fuente: SpaceX/ Eureka.

Reabastecimiento en vuelo.

Uno de los aspectos más revolucionarios y desafiantes del Starship HLS es su dependencia del reabastecimiento en órbita. Para poder llegar a la Luna y regresar a su punto de encuentro en órbita lunar con la nave Orión, y posteriormente con Gateway, el HLS debe cargarse con grandes cantidades de propelente antes de iniciar su trayectoria.

Aunque el principio básico de transferencia de fluidos en microgravedad está bien establecido, esta técnica nunca se ha realizado a la escala requerida para misiones lunares. Su éxito no solo permitiría misiones lunares más eficientes, sino que también abriría la puerta a vuelos interplanetarios basados en repostaje orbital, un paso esencial si la humanidad aspira a llegar a Marte.

No obstante, el proceso requiere perfeccionar maniobras de acoplamiento, regular la temperatura del combustible criogénico y emplear sistemas de bombeo altamente precisos.

Para ello, SpaceX desarrollará naves cisterna de combustible y un depósito en órbita, variantes de la Starship.

Cantidad de lanzamientos para cargar el estanque de combustible.

Para cargar el depósito orbital de combustible con la cantidad de combustible que requiere la nave Starship HLS, se deben realizar 14 lanzamientos (según informe de la Oficina de Rendición de Cuentas del Gobierno (GAO, Government Accountability Office), los que deben ser ejecutados en pocas semanas para evitar que el metano y el oxígeno líquido se evaporen, considerando la complejidad que conlleva el traspaso de toneladas de este combustible. Pero de acuerdo a SpaceX estima que, en realidad, bastará con cuatro transferencias de combustible, es decir, cinco lanzamientos del sistema Starship en total.

El depósito orbital permitirá que la nave HLS Starship solo se tenga que acoplar con un vehículo en vez de con catorce diferentes e introduce más flexibilidad para la NASA de cara a planificar el lanzamiento del cohete SLS y la nave tripulada Orión, que solo estará lista para despegar una vez SpaceX haya terminado sus transferencias de combustible.

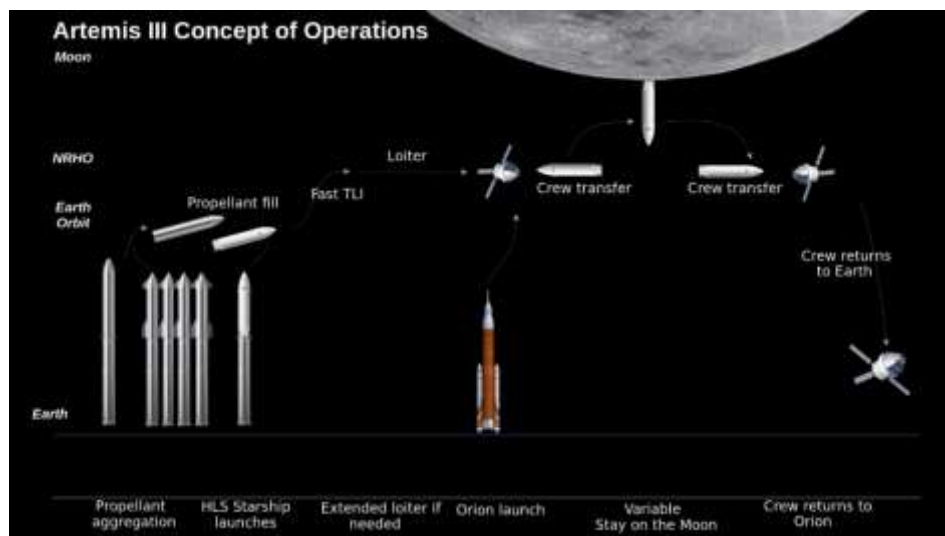


Depósito orbital acoplado a una Starship tanker para trasvase de propelentes. Tras un número indeterminado de acoplamientos en LEO, el depósito se unirá al HLS para trasvasar propelentes y viajar a la Luna (SpaceX).

Vuelo a la Luna con la HLS Starship.

Para realizar el vuelo hacia la Luna de la HSL Starship se deben ejecutar una serie de pasos en forma secuencial:

1. El depósito orbital de combustible se lanzará a la órbita terrestre baja, seguido de varios otros lanzamientos de naves cisternas que llevarán el combustible hacia el depósito que se encontrará orbitando, donde se reunirán, acoplarán y transferirán el combustible hacia el depósito.



Concepto de misión de SpaceX para el Sistema de Aterrizaje Humano (HLS). Fuente: NASA.

2. Una vez que haya suficiente combustible en el depósito orbital, la nave HLS Starship sin tripulación se lanzará a la órbita terrestre baja, luego se reunirá y se acoplará al depósito.

El depósito transferirá el combustible a la nave HLS Starship, y a continuación, la nave Starship HLS realizará una rápida transferencia a la órbita NRHO, donde permanecerá por hasta 90 días para confirmar el estado de la nave y esperar el lanzamiento y la llegada de la nave Orión (el plazo de 90 días es para adaptarse a cualquier posible retraso en el lanzamiento de la nave Orión o SLS).

3. Cuando ambas naves espaciales hayan llegado a NRHO, Orión se acoplará a la nave HLS Starship en preparación para expedición a la superficie de la Luna. Una vez que la tripulación y sus suministros estén listos, dos astronautas abordarán la nave HLS Starship y dos permanecerán en la nave Orión. Orión se desacoplará y se alejará de la nave HLS Starship para permanecer en NRHO durante aproximadamente una órbita alrededor de la Luna, con una duración de aproximadamente 6,5 días, lo que coincide con la duración de la expedición de superficie.



Diseño actual del módulo lunar HLS de SpaceX. Aquí aparece el HLS Opción A de Artemisa III acoplado a la nave Orión en órbita lunar de tipo NRHO. Dos de los cuatro astronautas pasarán de la Orión al HLS para pasar cerca de una semana en el polo sur lunar (SpaceX).

4. Una vez que se completen las actividades de la superficie lunar, incluidas las caminatas lunares, la HLS Starship ascenderá de regreso a la órbita NRHO, donde la tripulación se transportará a la nave Orión para su regreso a la Tierra.

BLUE MOON MARK 2 DE BLUE ORIGIN.

Blue Origin, junto con sus socios Lockheed Martin, Draper, Boeing, Astrobotic y Honeybee Robotics (conocidos como el “Equipo Nacional”), desarrollará el módulo de alunizaje HLS Blue Moon, un elemento clave del programa Artemis. Este módulo será responsable del transporte de astronautas entre la Plataforma Orbital Gateway y la superficie lunar.

Al tratarse de un contrato de tipo fijo, Blue Origin y sus empresas asociadas deberán cubrir con sus propios recursos cualquier costo que supere los 3.400 millones de dólares.

Con este contrato, el Equipo Nacional desarrollará y operará un módulo de alunizaje capaz de posarse con precisión en cualquier punto de la superficie lunar, así como un transportador cislunar. Ambos vehículos estarán propulsados por LOX-LH2 (oxígeno líquido e hidrógeno líquido), un propelente que ofrece ventajas para misiones de espacio profundo de alta energía. Sin embargo, previamente se deberá resolver la problemática de la evaporación del LOX-LH2 durante misiones de larga duración.

En este sentido, la empresa avanzará en la conversión del LOX-LH2 de alto rendimiento en un propelente almacenable. Como parte del marco del SLD (Sostenimiento del Desarrollo Lunar), se desarrollarán y volarán enfriadores criogénicos capaces de mantener temperaturas de 20 K (-253 °C), alimentados por energía solar y otras tecnologías necesarias para evitar la evaporación del LOX-LH2.

Las futuras misiones más allá de la Luna, así como tecnologías habilitantes como la propulsión térmica nuclear de alto rendimiento, se beneficiarán enormemente del desarrollo de LH2 almacenable. La arquitectura de Blue Origin también se prepara para un futuro en el que el hielo lunar pueda ser utilizado para fabricar propulsores de LOX y LH2 directamente en la Luna.

Al igual que en el caso de SpaceX, Blue Moon deberá realizar un vuelo de prueba no tripulado en 2027 antes de su uso por astronautas.

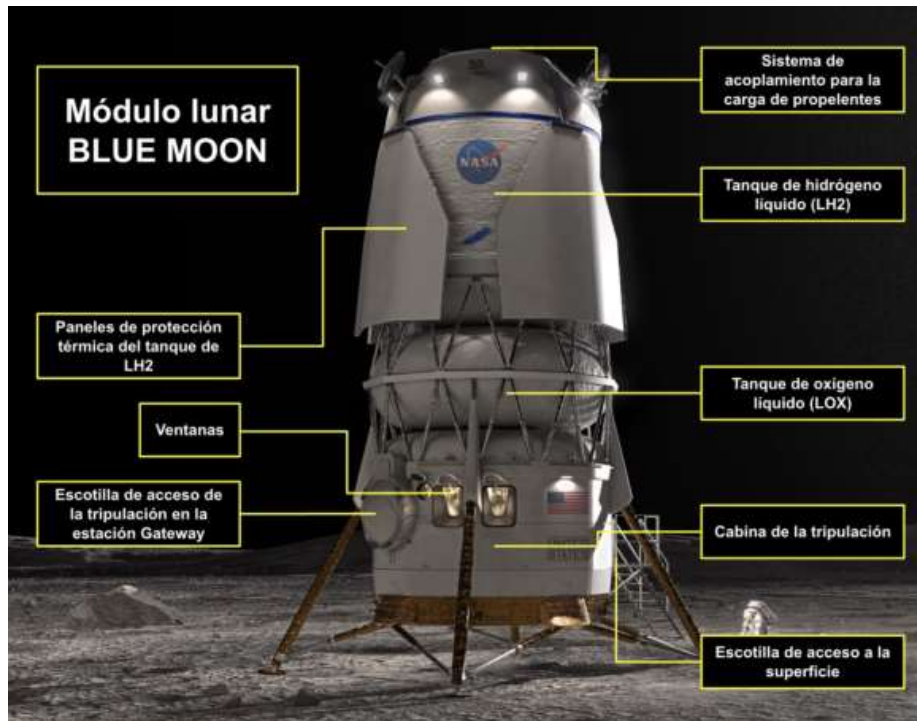


Una representación del módulo de aterrizaje Blue Moon de Blue Origin que devolverá a los astronautas a la Luna como parte del programa Artemis de la NASA.

Blue Moon Mark 2.

Blue Moon será una nave de 45 toneladas de 16 metros de alto, que usará hidrógeno y oxígeno líquidos por primera vez en una misión lunar. La capacidad de carga es hasta de 20 toneladas en el modo reutilizable y de hasta 30 toneladas en una misión de un solo uso, puede llevar hasta cuatro astronautas, con una duración de hasta 30 días en la superficie de la Luna. Utiliza motores BE-7 que funcionan con hidrógeno líquido y oxígeno líquido.

La cabina de la tripulación está en la parte inferior del módulo, bajo los tanques de oxígeno e hidrógeno líquidos. Así la tripulación podrá acceder fácilmente a la superficie.



Partes del Blue Moon Mark 2 tripulado. Fuente: Blue Origi/Eureka.

Vuelo a la Luna con Blue Moon Mark 2.

Para llegar a la estación Gateway, Blue Moon empleará el cohete New Glenn de Blue Origin, dotado de una cofia de siete metros de diámetro. De este modo, Blue Moon pasa a ser la carga principal del New Glenn.

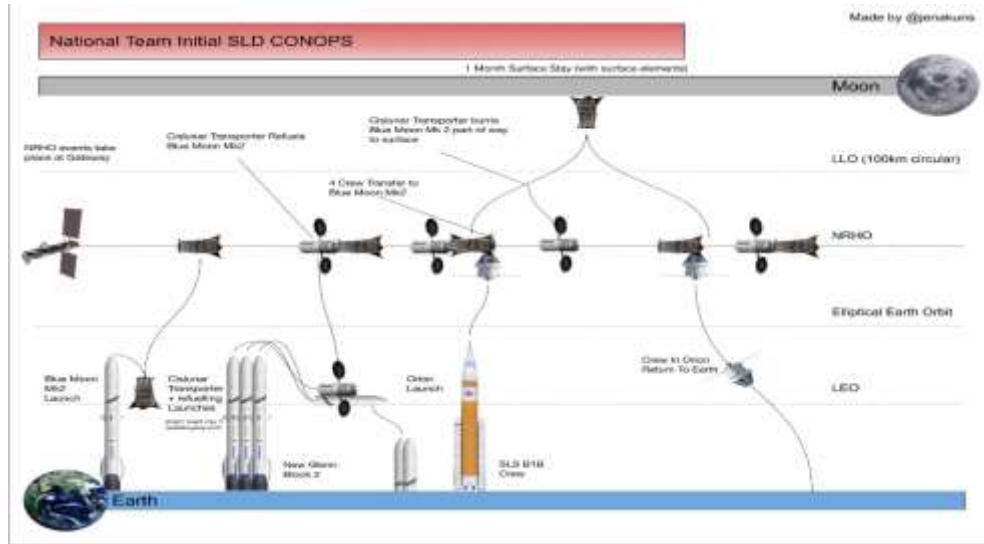
El sistema requerirá de varios lanzamientos del New Glenn para cada misión, pero aún no se conoce actualmente cuantos se necesitarán. Estos lanzamientos son necesarios para colocar a Blue Moon Mark 2 en una órbita NRHO alrededor de la Luna y para llevar propelentes a bordo de un carguero que se acoplará con el módulo lunar Blue Moon Mark 2 en esta órbita antes de descender a la superficie lunar.

Además de este carguero, no está claro si Blue Moon podrá alcanzar la Luna en un único lanzamiento del New Glenn o si necesitará varios acoplamientos en LEO (Órbita baja) antes de partir hacia la Luna.

Algunas estimaciones establecen que podrían ser cuatro lanzamientos del New Glenn para cada misión no reutilizable del Blue Moon (uno para lanzar el Blue Moon a la órbita NRHO y otros tres para lanzar el carguero a LEO y misiones de carga de propelentes antes de que parta hacia NRHO para aprovisionar al Blue Moon.

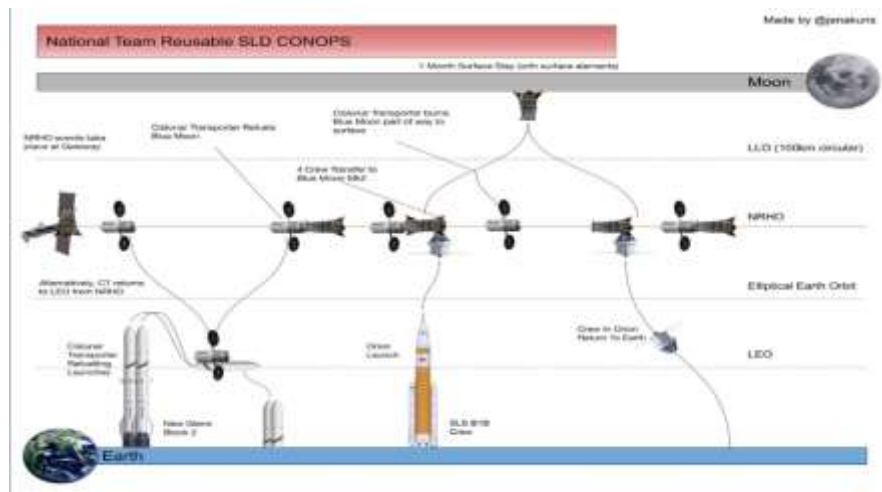
Como en el caso de Artemisa IV, los cuatro astronautas de la misión Artemisa V viajarán a bordo de una nave Orión hasta la estación Gateway en órbita lunar y allí pasarán al módulo lunar Blue Moon, que se habrá acoplado previamente (en el caso de Artemisa III, la nave Orión se acoplará directamente con el módulo lunar), con el que descenderán al polo sur de la Luna.

Los cuatro astronautas pasarán al menos una semana en la superficie de nuestro satélite antes de regresar a la estación Gateway para abordar la Orión y volver a la Tierra.



Concepto de operaciones del Blue Moon no reutilizable, con cuatro lanzamientos del New Glenn (Barry Jenakuns / <https://twitter.com/jenakuns>).

En modo reutilizable serían necesarios solo dos lanzamientos del New Glenn para el carguero y una misión de recarga en LEO. Pero esto son solo estimaciones y podrían ser incluso más.



Concepto de operación del Blue Moon reutilizable, con solo dos lanzamientos (Barry Jenakuns / <https://twitter.com/jenakuns>).

DESAFÍOS Y DESARROLLOS.

El regreso de la humanidad a la Luna, impulsado por el programa Artemisa de la NASA, ha generado una competencia tecnológica sin precedentes entre empresas privadas de exploración espacial, principalmente SpaceX y Blue Origin. Ambos actores desarrollan sistemas de alunizaje humano (HLS, por sus siglas en inglés) que prometen revolucionar la presencia humana fuera de la Tierra, pero enfrentan desafíos críticos tanto técnicos como estratégicos.

Uno de los problemas más urgentes en esta carrera es la gestión del hidrógeno líquido, combustible clave en ambos sistemas. El hidrógeno tiene un punto de ebullición extremadamente bajo, cercano a los -253°C , lo que implica que su almacenamiento seguro es sumamente complicado. En el espacio, con variaciones térmicas significativas, el hidrógeno líquido puede evaporarse en apenas un día, lo que limita el tiempo de operación de las naves. Para Blue Origin, que planea mantener su módulo de aterrizaje Blue Moon en la Luna durante alrededor de una semana, la evaporación del combustible representa un desafío crítico que debe solucionarse para evitar dejar a los astronautas varados sin posibilidades de regresar.

El HLS Starship de SpaceX, por su parte, introduce otra complejidad: el reabastecimiento orbital. Este proceso requiere múltiples lanzamientos, acoplamientos repetidos y transferencias de combustible en tiempo real. Cada paso es un posible punto de falla que podría retrasar la misión. Además, la nave debe garantizar un alunizaje seguro en la superficie lunar, lidiando con el efecto del polvo lunar en sensores y motores, así como mantener sistemas de soporte vital y protección contra radiación durante estancias prolongadas, a diferencia del histórico Módulo Lunar del Apolo, diseñado para misiones breves.

La madurez tecnológica es otro factor diferenciador. Starship se desarrolla mediante un enfoque iterativo de prototipos y pruebas de vuelo que incluyen explosiones, fallas y rediseños. Aunque esta estrategia permite una mejora rápida, introduce incertidumbre frente a los plazos estrictos de Artemisa. En contraste, Blue Moon depende del cohete New Glenn, que se encuentra en desarrollo y su primer vuelo se realizó en enero de 2025, lo que añade un nivel adicional de riesgo técnico y logístico.

Los desafíos de Blue Moon incluyen la precisión en el aterrizaje lunar, la gestión de combustibles criogénicos en la superficie y la coordinación con estaciones en órbita para reabastecimiento. Superarlos representaría un hito en exploración lunar, demostrando que la cooperación público-privada puede abrir el camino hacia una presencia humana sostenible en el espacio.

CONCLUSIÓN.

Más allá de los aspectos tecnológicos, existe un componente estratégico que influye en la dinámica del programa. SpaceX domina actualmente la industria de lanzamiento orbital estadounidense, con un 79 % de la masa enviada al espacio en el segundo semestre de 2023. Esta ventaja otorga a Estados Unidos un liderazgo temporal en exploración espacial, pero también genera dependencia de un solo proveedor. En este contexto, la entrada de Blue Origin en el programa HLS permite a la NASA fomentar la competencia y diversificar riesgos, asegurando alternativas frente al dominio de SpaceX.

Tanto Starship HLS como Blue Moon enfrentan retos tecnológicos y logísticos enormes. La gestión del hidrógeno líquido, la complejidad de los sistemas de reabastecimiento y la necesidad de garantizar seguridad y soporte vital prolongado son desafíos compartidos, mientras que la estrategia y madurez tecnológica difieren significativamente. SpaceX posee la ventaja de experiencia y capacidad de iteración rápida, mientras que Blue Origin representa una alternativa competitiva crucial para la NASA. Resolver estos desafíos será

determinante para la consolidación de la exploración lunar humana y la sostenibilidad de las misiones futuras.

AAW Información obtenidas de fuentes abiertas

<https://danielmarin.naukas.com/2023/05/19/el-modulo-lunar-de-blue-origin-lleva-astronautas-a-la-luna-en-la-mision-artemisa-v/>

Human Landing Systems - NASA

GAO-24-106256, NASA ARTEMIS PROGRAMS: Crewed Moon Landing Faces Multiple Challenges

Una órbita lunar perfecta para la puerta de entrada internacional - NASA

Artemis III: NASA's First Human Mission to the Lunar South Pole - NASA

El módulo lunar de SpaceX y el enfrentamiento con Blue Origin - Eureka (naukas.com)

SpaceX - Updates

Artículo N° 34/2025

VEHÍCULO DE DESTRUCCIÓN EXOATMOSFÉRICA (EKV) Y NEXT GENERATION INTERCEPTOR (NGI)



Por Álvaro Aguirre Warden, Director de Asuntos Espaciales.
30 de diciembre de 2025. 10 Min. de lectura.

INTRODUCCIÓN

Durante la Guerra Fría, la defensa antimisiles se consideraba un ámbito potencialmente destabilizador. Las superpotencias sabían que, si una de ellas lograba desarrollar un escudo capaz de neutralizar los misiles del adversario, la lógica de la “destrucción mutua asegurada” quedaría comprometida. Este razonamiento fue la base del Tratado ABM de 1972, que impuso estrictas limitaciones a los sistemas de defensa de misiles tanto en Estados Unidos como en la Unión Soviética.

Con la caída del bloque soviético, las amenazas evolucionaron. Estados más pequeños, con capacidades tecnológicas crecientes, comenzaron a desarrollar misiles balísticos de mayor alcance. Estados Unidos percibió entonces que un ataque limitado —aunque improbable— podría provenir de actores regionales ajenos a la lógica clásica de la disuasión nuclear. Fue en este contexto cuando la defensa antimisiles recuperó relevancia estratégica. La retirada estadounidense del Tratado ABM en 2002 abrió la puerta al diseño de una arquitectura defensiva enfocada en amenazas específicas y de menor escala.



Lanzamiento de un interceptor terrestre GMD mejorado desde la base espacial de Vandenberg (foto de la Agencia de Defensa Antimisiles de EE.UU.).

El desarrollo de la defensa antimisiles responde no solo a avances tecnológicos, sino también a transformaciones estratégicas y geopolíticas que han alterado la percepción global del equilibrio militar. En este marco, el Vehículo de Destrucción Exoatmosférica (Exoatmospheric Kill Vehicle, EKV) destacó como un hito del programa Defensa de Medio Curso Basado en Tierra (GMD), diseñado para interceptar misiles balísticos intercontinentales (ICBM) durante su fase media. Más recientemente, el Next Generation Interceptor (NGI) ha surgido como la evolución tecnológica destinada a superar las limitaciones del EKV y adaptarse a amenazas emergentes.

A partir de 2002, la Agencia de Defensa de Misiles (MDA, por sus siglas en inglés) ha estado desarrollando el sistema de GMD para proteger el territorio de los Estados Unidos contra un ataque limitado de misiles balísticos por parte de posibles adversarios como Corea del Norte e Irán. Durante las últimas dos décadas, la MDA desarrolló y desplegó una flota de más de 40 Interceptores Basados en Tierra en Fort Greely, Alaska, y en la Base de la Fuerza Espacial Vandenberg, California, para defenderse de estas amenazas de misiles. Sin embargo, según el Departamento de Defensa (DOD), Corea del Norte ha continuado expandiendo sus capacidades nucleares y de misiles, e Irán ha seguido desarrollando un programa espacial, lo que podría llevar a una capacidad de misiles de largo alcance.

HISTORIA

La misión de la Agencia de Defensa contra Misiles es desarrollar y desplegar un Sistema de Defensa contra Misiles (MDS) en capas para defender a los EE. UU., sus fuerzas desplegadas, aliados y amigos de ataques con misiles en todas las fases de vuelo. El MDS está compuesto por múltiples elementos necesarios para identificar lanzamientos de misiles, rastrear amenazas de misiles y proporcionar esta información a interceptores individuales diseñados para destruir misiles entrantes. GMD es uno de los elementos del MDS diseñado para defender contra misiles balísticos de alcance intermedio e intercontinental disparados por posibles adversarios.

El concepto de interceptar misiles balísticos fuera de la atmósfera mediante impacto directo ("hit-to-kill") se desarrolló durante la Guerra Fría. En los años 80, la Iniciativa de Defensa Estratégica (SDI) impulsó los primeros estudios sobre interceptores cinéticos exoatmosféricos. A comienzos de los 90, tras el fin de la URSS, el énfasis se desplazó hacia la defensa contra ataques limitados o de actores emergentes. En este periodo nace el precursor del EKV que luego sería integrado al GMD.

A mediados de los 90, la MDA inicia el desarrollo del EKV como la "carga útil" guiada del interceptor terrestre del sistema GMD. El concepto clave es destruir ojivas solo con la energía cinética del impacto, sin explosivos y durante los años 2000 se realizaron pruebas de vuelo progresivamente más complejas, validando sensores infrarrojos, maniobrabilidad y discriminación entre señuelos.

En 2004, EE. UU. declara la capacidad inicial operativa del sistema GMD con interceptores equipados con la primera versión del EKV: CE-I (Capability Enhancement I). Entre 2006 y 2010 se desarrollan y despliegan los EKV CE-II, con mejoras en sensores, control de actitud y tolerancia a fallos.

Algunas pruebas iniciales del EKV CE-II, mostraron fallas relacionadas con vibraciones, sensores y discriminación. La MDA implementa actualizaciones y correcciones en lo que se conoce como CE-II Block 1. En 2014, un interceptor con esta versión mejorada logra una prueba exitosa, estabilizando el programa.

Debido al costo y complejidad de mejorar las versiones del EKV, la MDA lanza el programa RKV (Redesigned Kill Vehicle). El objetivo era crear un interceptor “más robusto, más modular y más fiable”. En 2019, el programa RKV se cancela por problemas técnicos y de arquitectura, redirigiendo esfuerzos a una solución más ambiciosa.

Después de la cancelación del RKV, la MDA establece el Next Generation Interceptor (NGI), destinado a reemplazar de manera gradual los interceptores GMD con EKV. Aunque el EKV sigue siendo parte del inventario operativo, el NGI apunta a abordar amenazas más complejas, con capacidad de múltiples vehículos de destrucción (multiple kill vehicles o tecnologías equivalentes).

GROUND-BASED INTERCEPTOR (GBI)

El GBI es el misil interceptor de tres etapas, lanzado desde silos, del sistema GMD que es el principal sistema de defensa de los Estados Unidos diseñado para interceptar y destruir misiles balísticos intercontinentales (ICBM) durante su fase media de vuelo, cuando viajan por el espacio. Cada GBI transporta un EKV, que se separa en el espacio y colisiona directamente con la ojiva enemiga (tecnología “hit-to-kill”).

Aunque la información en detalle sobre especificaciones técnicas es clasificada, se puede establecer que las etapas del misil públicamente conocidas son las siguientes:

Primera etapa (Boost Stage 1). Proporciona el empuje inicial para sacar el interceptor del silo. Es la fase más potente, diseñada para elevar el misil rápidamente fuera de la atmósfera inferior.

Segunda etapa (Boost Stage 2). Continúa acelerando el misil hacia el espacio. Mantiene la trayectoria ascendente y estabiliza el vuelo después de la separación de la primera etapa.

Tercera etapa (Boost Stage 3). Ajusta la velocidad y rumbo finales antes de la separación del vehículo de impacto. Lleva al interceptor a la altitud y velocidad necesarias para liberar el Exoatmospheric Kill Vehicle (EKV).

Las dimensiones del Ground-Based Interceptor (GBI) que son públicamente conocidas (no clasificadas) se describen normalmente de forma general. Las cifras exactas pueden variar ligeramente según el modelo de EKV integrado, pero estas serían las medidas aproximadas aceptadas: Longitud total: ~ 16 metros, Diámetro del fuselaje (booster): ~ 1,3 metros, Masa aproximada del misil completo: ~ 12.000–13.000 kg (valor estimado en fuentes abiertas)

VEHÍCULO EXOATMOSFÉRICO (EXOATMOSPHERIC KILL VEHICLE, EKV)

El GMD actualmente consiste en Interceptores Basados en Tierra y un sistema terrestre que gestiona las comunicaciones y operaciones de combate. El GMD lanza interceptores desde campos de misiles ubicados en Fort Greely, Alaska y en la Base de la Fuerza Espacial de Vandenberg, California, en conjunto con una red de sensores MDS y sistemas de mando y control basados en tierra, mar y espacio.

Los interceptores utilizan motores de cohete para volar al espacio hacia la ubicación prevista de un misil entrante y liberan vehículos de aniquilación equipados con propulsores y sensores para localizar y destruir la ojiva mediante colisiones de “impacto para matar”.

El EKV, por diseño, no está destinado a neutralizar ataques masivos o saturados. Su propósito se centra en la protección ante un número reducido de misiles balísticos lanzados por actores con arsenales pequeños. Esta capacidad crea una disuasión más matizada, mientras que las grandes potencias ya cuentan con mecanismos de disuasión tradicionales, Estados con una capacidad nuclear incipiente enfrentan un obstáculo adicional al intentar utilizar misiles balísticos como herramienta de coerción.



EKV. Fuente: Raytheon.

El valor del EKV reside precisamente en esta asimetría. Su existencia altera el cálculo estratégico de cualquier Estado que contemple la posibilidad de lanzar una sola ojiva nuclear con fines intimidatorios. Para estos actores, la capacidad estadounidense de destruir una amenaza limitada en vuelo hace que el riesgo de fracaso sea extremadamente alto y el beneficio político sea casi nulo. Así, el EKV contribuye a cerrar la ventana de oportunidad que estos Estados podrían tratar de explotar.

El EKV que pesa cerca de 64 kilogramos y mide unos 1,4 metros de largo y 0,6 de diámetro, es un componente crucial fabricado por Raytheon en alianza con el subcontratista Aerojet, es el corazón del sistema defensivo estadounidense GMD. Este interceptor es lanzado por el misil Ground-Based Interceptor (GBI), propulsándose hacia su blanco, para luego separarse de este, donde, en un acto de autonomía táctica, colisiona con la ojiva enemiga, desintegrándola en el vacío del espacio. Los cohetes propios y el combustible del EKV sirven para corregir la trayectoria, no para una mayor aceleración. El Exoatmospheric Kill Vehicle utiliza sensores multicolores y un ordenador avanzado para rastrear y dirigirse al objetivo. Una vez en trayectoria, impacta el misil balístico con precisión milimétrica, destruyéndolo con la fuerza del impacto, sin necesidad de ojivas explosivas.



EKV. Fuente: Raytheon.

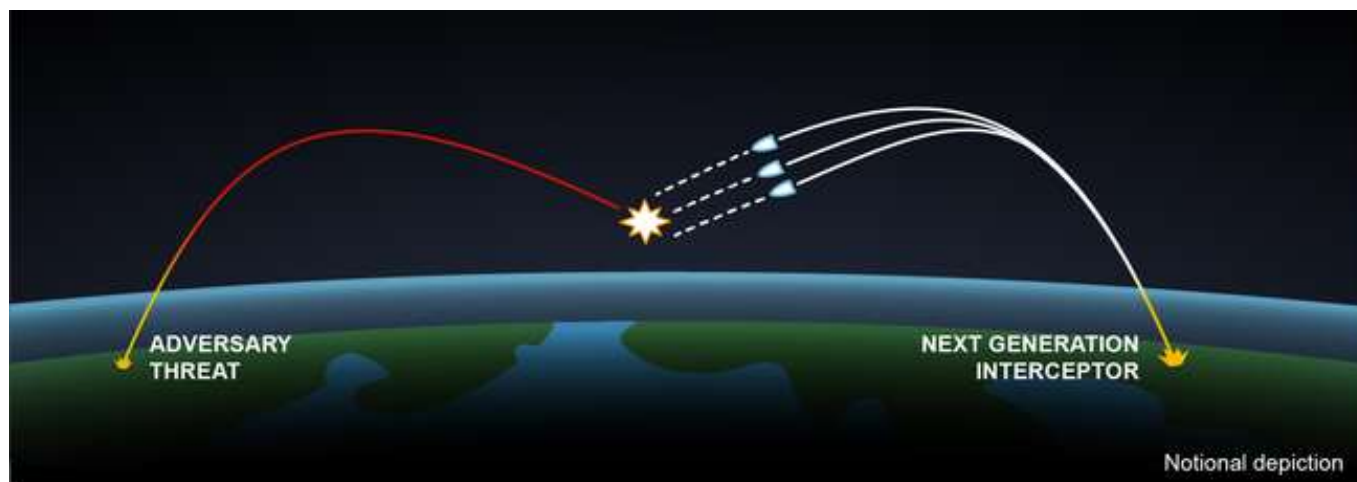
Raytheon tiene un contrato para sostener, actualizar y reparar el EKV hasta 2034 hasta después del despliegue del Interceptor de Próxima Generación (NGI), que comenzará a reemplazar el EKV en 2030.

El sucesor del EKV, conocido como Rediseñado Kill Vehicle (RKV), estaba programado para debutar en 2025. El programa RKV, encabezado por Boeing y el subcontratista principal Raytheon, fue cancelado por el Departamento de Defensa el 21 de agosto de 2019. A principios de año, el Pentágono había emitido una orden de suspensión de trabajos en el proyecto luego de un aplazamiento de la revisión del diseño en diciembre de 2018 debido a la falla de componentes críticos que cumplían con las especificaciones técnicas.

NEXT GENERATION INTERCEPTOR (NGI)

El sistema actual de defensa antimisiles terrestre, ha enfrentado desafíos crecientes, y según el Centro Nacional de Inteligencia del Aire y del Espacio, los sistemas de misiles balísticos de los adversarios están volviéndose más móviles, resistentes, fiables y precisos, al mismo tiempo que logran mayores alcances y que además incluyen señuelos y otras contramedidas diseñadas para confundir los interceptores. Es probable que las amenazas que plantean estos misiles continúen aumentando y se vuelvan más complejas. Para contrarrestar estas amenazas, la MDA está desarrollando un nuevo interceptor GMD llamado NGI y que se planea integrarlo con la infraestructura GMD existente y los demás elementos del MDS.

Según los funcionarios de la MDA, el diseño del NGI incluye tanto nuevos diseños de impulsores como múltiples vehículos interceptores. Tener múltiples vehículos interceptores por interceptor, en lugar de un único vehículo interceptor—como utiliza el Interceptor Basado en Tierra—posiblemente permite que un solo interceptor pueda defenderse contra un mayor volumen de amenazas misilísticas adversarias cada vez más complejas.



Source: GAO analysis of Missile Defense Agency information. | GAO-24-106315

El número de vehículos NGI (interceptor de próxima generación) que se muestra en la figura es indicativo y no representa el diseño de ningún contratista del NGI.

El Next Generation Interceptor constituye la evolución más ambiciosa de la defensa antimisiles estadounidense desde el surgimiento del GMD. Diseñado para reemplazar progresivamente a los interceptores equipados con EKV, el NGI integra mejoras sustanciales en áreas críticas como discriminación, fiabilidad, capacidad de afrontamiento frente a amenazas múltiples y tolerancia a condiciones operativas complejas. Según el Comando Norte de EE. UU., el NGI es una prioridad para la defensa de misiles doméstica, con la necesidad de empezar a desplegarlo a partir del año fiscal 2028 o antes.



Fuente: Lockheed Martin.

Una de las innovaciones más destacadas del NGI será su capacidad para portar más de un vehículo de impacto cinético, una evolución inspirada en conceptos desarrollados en programas previos como el MOKV.

Esta arquitectura busca aumentar la probabilidad de intercepción en escenarios donde se presentan varios objetos simultáneos (ojivas y señuelos), amenazas con maniobra limitada en fase media y configuraciones de ataque más sofisticadas.

Aunque la configuración final es clasificada, el principio general es maximizar la cobertura y la redundancia en la fase terminal.

El NGI se compondría principalmente de cuatro subsistemas: propulsión, vehículo de impacto, sensores y sistema de guiado, navegación y control (GNC).

Propulsión: Utilizaría un sistema de propulsión de múltiples etapas, más eficiente que el de los interceptores actuales del GMD. Esto le permitiría al interceptor alcanzar la altitud y velocidad necesarias para interceptar un ICBM en la fase media de su vuelo, y ejecutar maniobras más complejas, prolongar el tiempo disponible para ajustes de trayectoria e incrementar su rango de interceptación.

Vehículo de impacto (Kill Vehicle): Este “cerebro” del interceptor utiliza la técnica hit-to-kill, destruyendo el objetivo mediante impacto directo. Equipado con sensores infrarrojos multiespectrales y sistemas de maniobra precisos, el kill vehicle podría identificar la ojiva real entre señuelos y fragmentos, corrigiendo su trayectoria en tiempo real gracias al DACS (Divert and Attitude Control System).

Sensores y discriminación: El NGI incorporara sensores infrarrojos multibanda (MBIR) capaces de analizar la firma térmica de los objetos en vuelo con mayor precisión. Esto mejorará significativamente la capacidad de diferenciar entre ojivas reales y señuelos, objetos con firmas térmicas manipuladas y elementos que buscan saturar los sistemas defensivos, apoyado por la combinación de datos de radar terrestre y satélites de alerta temprana. Algoritmos avanzados procesan estos datos para garantizar la máxima precisión durante la fase terminal de la intercepción.

GNC (Guiado, Navegación y Control): Este sistema calcula la trayectoria óptima y realiza ajustes continuos en todas las fases del vuelo. Gracias a su redundancia y resistencia a fallos, el NGI mantiene una alta fiabilidad, incluso en escenarios complejos.

El NGI incorporará varias innovaciones que lo diferencian de los interceptores actuales, con su mayor capacidad de maniobra y corrección de trayectoria, algoritmos avanzados de discriminación de objetivos frente a contramedidas sofisticadas, Arquitectura modular que permite actualizaciones futuras en sensores y software y Mayor confiabilidad y vida útil del sistema. Estas mejoras aseguran que el NGI no solo pueda enfrentar las amenazas existentes, sino adaptarse a futuras generaciones de misiles balísticos.

El NGI será integrado en los sistemas GMD existentes, principalmente en Fort Greely (Alaska) y Vandenberg (California). Los primeros lanzamientos de prueba están previstos para mediados de la década de 2020, con un posible despliegue operativo hacia finales de la misma. A largo plazo, este interceptor consolidará la capacidad defensiva de Estados Unidos frente a amenazas ICBM, asegurando la protección de su territorio y aliados.



Representación conceptual del Interceptor de Próxima Generación (NGI) de Lockheed Martin. (Imagen artística cortesía de Lockheed Martin).

CONCLUSIÓN

La disuasión que ofrece el EKV no es absoluta. No promete una defensa perfecta, sino una reducción significativa del éxito de un ataque aislado. Esta probabilidad reducida es suficiente para alterar el comportamiento estratégico de los Estados emergentes, especialmente aquellos que buscan aprovechar la amenaza balística como moneda de negociación.

La evolución desde el EKV hacia el NGI refleja la convergencia entre innovación tecnológica y transformaciones estratégicas globales. Mientras que el EKV simbolizó el retorno de la defensa antimisiles tras la era del Tratado ABM, el NGI representa un salto cualitativo orientado a enfrentar amenazas emergentes en un contexto geopolítico cada vez más incierto. Sin embargo, como en décadas anteriores, la ampliación de capacidades defensivas estadounidenses puede ser interpretada por otros actores como un factor de inestabilidad. En este sentido, la defensa antimisiles continúa siendo un campo en el que los avances tecnológicos se entrelazan de forma inseparable con los equilibrios estratégicos internacionales.

Aunque el NGI se presenta como un sistema orientado a amenazas limitadas, su desarrollo tiene repercusiones geopolíticas significativas. Rusia y China observan con cautela cualquier avance estadounidense en defensa antimisiles, temiendo que pueda erosionar, aunque sea parcialmente, su capacidad de disuasión. En un entorno de creciente competencia estratégica, el NGI puede contribuir tanto a la seguridad nacional de Estados Unidos como a tensiones adicionales entre grandes potencias.

AAW información obtenidas de fuentes abiertas

Vehículo de destrucción exoatmosférica derrota a misil balístico - Noticias de Israel

Next Generation Interceptor (NGI) | Lockheed Martin

Deterrence Through Defense | Lockheed Martin

Missile Defense: Next Generation Interceptor Program Should Take Steps to Reduce Risk and Improve Efficiency | U.S. GAO

GAO-24-106315, MISSILE DEFENSE: Next Generation Interceptor Program Should Take Steps to Reduce Risk and Improve Efficiency



ANUARIO 2025

**CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS
Y AEROESPACIALES**

Capítulo III

BOLETINES INFORMATIVOS Y DE ANÁLISIS



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 01 / 2025

Santiago, 15 de enero de 2025

AMB ALCANZA 26 MILLONES DE PASAJEROS

Por Victor Villalobos. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 Min. de lectura.



Imagen aérea del nuevo Aeropuerto internacional Arturo Merino Benítez de Santiago de Chile.

“El Aeropuerto Arturo Merino Benítez de Santiago, registró el 29 de diciembre de 2024, un hito histórico en sus más de 57 años de operación: alcanzó el récord de 26 millones de pasajeros transportados en un año”.

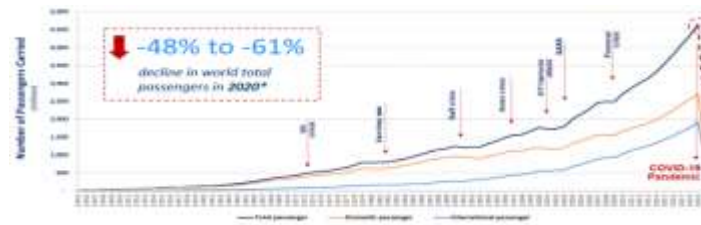
Haciendo un poco de historia.

Fue el Comodoro Arturo Merino Benítez, el que materializó en sus comienzos con aviones, pilotos y mecánicos de la Fuerza Aérea, el transporte aéreo nacional y luego, a partir del año 1929, Crea la Línea Aeropostal, que cubría la ruta entre Santiago y Arica.

Asimismo, en el marco de este desarrollo aeronáutico de la época, surgió la construcción del primer aeropuerto nacional e internacional en Los Cerrillos, el que a partir de 1929 comenzó a operar en beneficio del transporte aéreo de carga y pasajeros. Este terminal internacional funcionó hasta el año 1966.

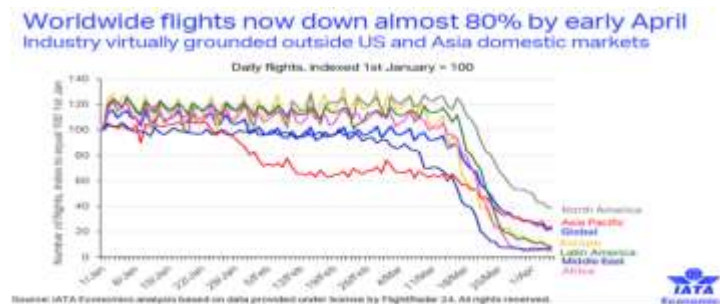
A finales de los 90, la industria aérea alcanzaba un crecimiento permanente entre un 8% a 10%, los incrementos de pasajeros y la confiabilidad del Estado de Chile consolidaban como uno de los países más seguros de volar, prestigio que permanece hasta estos días. En Chile la demanda se había duplicado en los últimos 8 años (2010-2018), con un crecimiento promedio anual de 10,5% (crecimiento promedio de 10,7% anual para pasajeros nacionales y de 10,2% para internacionales), en comparación a Región Latinoamérica que midió un 7%. En el mismo periodo citado en el párrafo anterior, el indicador de viajes por habitante se duplicó para Chile, logrando un índice de 1,4 viajes por habitante, convirtiéndose el país con el indicador más alto de Sudamérica, índice que se superará en los próximos años.

La pandemia del 2020.



La pandemia fue la crisis que superó con creces la del 11 de septiembre del 2001, del atentado de las Torres Gemelas en Estados Unidos, como se muestra en el gráfico.

En marzo de 2020 fue el inicio de la crisis, lo que llevo a una gran incertidumbre de cuánto tiempo iba a durar, que profundidad iba a tener, que medidas para contener se iban a tomar para dominar la epidemia.



El 11 DE marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS), definió al COVID-19 como una pandemia. Se restringe la movilidad para evitar la propagación del virus y de inmediato se produce un impacto negativo en la industria aérea y el turismo.

La Organización de Aviación Civil Internacional estimó perdidas en la industria aérea por USD\$ 252 Mil Millones (IATA).

En nuestro país, los vuelos cancelados en menos de un mes en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez de Santiago, pasó de un 5% de vuelos anulados el 9 de marzo (26) a un 83% el 30 de marzo (346).

Se redujo en 51% del promedio de vuelos por semana entre inicios de enero y el 30 de marzo de 2020, que pasó de 164.375 a 83.941, respectivamente.

Cuáles fueron las cifras de la pandemia del 2020.

En el acumulado enero-diciembre del año 2020 el tráfico aéreo internacional de pasajeros representa el 32,2% del total transportado, con una caída del 72,8%.

En tanto, el tráfico aéreo doméstico de pasajeros representa el 67,8%, con una caída del 57,4%.

En el acumulado enero-diciembre del año 2020 se transportaron 9.404.620 pasajeros (6.380.708 pasajeros domésticos y 3.023.912 pasajeros internacionales), es decir, 16.681.992 pasajeros menos con respecto al mismo periodo del año 2019.

En diciembre 2020, los tráficos de pasajeros internacional, doméstico y total (suma de doméstico e internacional) cayeron un 77,6%, 57,3% y 65,5% respectivamente.

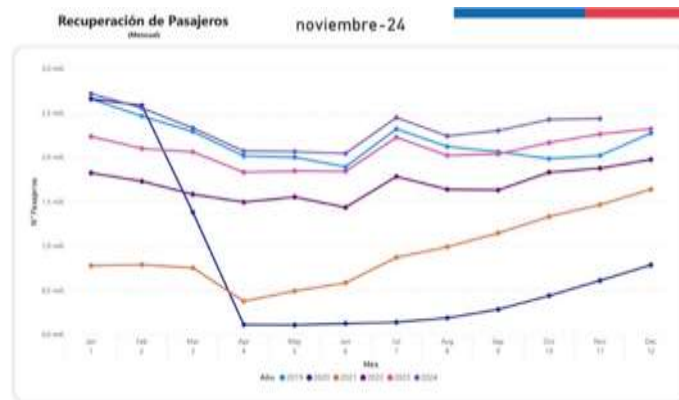
En relación a la carga transportada en el mes de diciembre, el tráfico internacional, doméstico y total (suma de doméstico e internacional) crecieron en un 13,6%, 27,1% y 14,5% respectivamente.

En relación a la carga transportada en el periodo enero-diciembre del año 2020, el tráfico internacional, doméstico y el tráfico total (internacional más doméstico) cayeron en un 0,7%, 13,6% y 1,8% comparativamente.

En relación al transporte aéreo de carga, en diciembre fueron transportadas 41.150 toneladas de carga en vuelos nacionales e internacionales, lo que, comparado con igual periodo del año 2019, representa un crecimiento de un 14,5%.

En el periodo enero-diciembre fueron transportadas 396.588 toneladas de carga en vuelos internacionales y nacionales, registrando una caída de un 1,8%, en comparación con igual periodo del año 2019.

La recuperación.



En el presente grafico se muestra la recuperación total en cuanto a pasajeros transportados a noviembre 2024.

Tras haber superado la crisis del Covid 19, la industria aérea mundial se recuperó en el 2023 y volvió a ser rentable después de tres años de fuertes pérdidas. Según la última estimación de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA), las aerolíneas comerciales cerraron 2023 con un beneficio neto de 27.400 millones de dólares, frente a las pérdidas de 3.500 millones de dólares de 2022.



Ya pasada la tormenta, el Aeropuerto Arturo Merino Benítez de Santiago, alcanzó los 26 millones de pasajeros transportados el pasado 29 de diciembre de 2024, un récord histórico para la institución.

- Esta cifra supera en 1.369.258 de pasajeros del registro de 2019, cuando se transportaron 24.630.742 pasajeros.
- La tendencia es positiva en cuanto a pasajeros transportados nacionales e internacionales, superando y alcanzando los índices pre pandemia. En comparación año 2024/2019 en pasajeros transportados, hay un positivo 9.4% en pasajeros nacionales y un +5.1% en pasajeros internacionales, con un positivo 7,6% en total.
- Ya en el primer semestre 2024 más de 13 millones 700 mil de personas se transportaron, lo que representa un aumento de un 15,7% en comparación con el mismo período de 2023. Además, el período enero-junio 2024, se convirtió en el semestre con la mayor cantidad de pasajeros transportados vía aérea en la historia, sumando tanto el tráfico nacional como internacional. “Es evidente que el transporte aéreo de pasajeros está dejando atrás el fantasma de la pandemia y sus consecuencias, incluso con cifras que superan en varios puntos porcentuales los niveles registrados en 2019. Sin duda, algo muy destacable es que este es el mayor nivel alcanzado en la historia y que, por primera vez ningún mes ha bajado de los 2 millones de pasajeros, lo que es muy positivo para la industria”, señaló el ministro de Transportes y Telecomunicaciones, Juan Carlos Muñoz.

En el detalle, el informe reveló que más de 8 millones 100 mil personas se desplazaron por rutas nacionales entre enero y junio de 2024. Mientras, el tráfico internacional llegó a más de 5 millones 600 mil pasajeros durante el primer semestre de este año.



En 50 años podemos apreciar claramente la evolución de las operaciones aéreas en nuestro principal aeropuerto internacional, pasando de 4 operaciones por hora en sus inicios, a 53 operaciones por hora en la actualidad.

Para recibir los pasajeros que en los análisis arrojaron, se implementaron mejoras de AMB, podemos mencionar: nuevos estacionamientos de autos, T2 Internacional, segunda pista de aterrizaje, ILS Categoría IIIB para ambas pistas, calles de desahogo nuevas, implementación del radar de tierra, Sistema AMAN/DMAN (Sistema de software para mejorar la gestión del tráfico aéreo), nuevas plataformas para aviones, entre otras.

Así, el Aeropuerto de Santiago, que en 2019 recibió más de 24 millones de pasajeros, quedará habilitado para atender a 38 millones de viajeros al año. Con ello, AMB tendrá un papel relevante para reimpulsar una industria que, en Chile, hasta antes de la pandemia, crecía a tasas sin precedentes y generaba 191.000 empleos directos e indirectos, según la Asociación Internacional del Transporte Aéreo (IATA).

La nueva infraestructura, es tres veces más grande que el aeropuerto actual y agrega 49 puertas de embarque a las 18 actuales repartidas en cuatro nuevas salas de embarque.



Ya en el año 2019 en su visita al país, el vicepresidente para las Américas de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA), Peter Cerdá, indicaba que, en los próximos 20 años, el mercado del transporte aéreo en Chile podría alcanzar los 30,3 millones de pasajeros al año, aportar US\$ 12.600 millones al PIB del país y crear unos 220 mil puestos de trabajo.

VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet, MOP, IATA, JAC.

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 02 / 2025

Santiago, 22 de enero de 2025

LUNAR TRAILBLAZER



Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 6 Min. de lectura.



Concepto artístico que representa al Lunar Trailblazer de la NASA en órbita lunar a unas 60 millas (100 kilómetros) de la superficie de la Luna. Fuente: Lockheed Martin Space.

En las diferentes misiones que se realizaron entre los años 2008 al 2010, una serie de descubrimientos llevaron a la conclusión que hay agua en la Luna, ya que durante este periodo se detectó agua y otros elementos volátiles en los vidrios volcánicos lunares, lo que sugería la hidratación del manto.

Con los espectrómetros infrarrojos se observaron OH/H₂O en el lado iluminado por el sol de la Luna, además, el impactador LCROSS confirmó la presencia de hielo de agua en las regiones permanentemente sombreadas de la Luna.

Por lo anterior, se entiende que hay agua en la Luna, pero los científicos solo tienen una idea general de dónde está y en qué forma está, y han visto señales que sugieren que existe incluso donde las temperaturas se elevan en la superficie lunar, por lo que hay buenas razones para creer que se puede encontrar como hielo superficial en cráteres permanentemente sombreados, lugares que no han visto luz solar directa durante miles de millones de años. Pero, hasta ahora, ha habido pocas respuestas definitivas, y una comprensión completa de la naturaleza del ciclo del agua de la Luna sigue obstinadamente fuera de alcance.

Una misión pionera de la NASA obtendrá algunas respuestas, cuando el Lunar Trailblazer de la NASA comience a orbitar la Luna, lo que ayudará a resolver un misterio perdurable: ¿Dónde está el agua de la Luna?

Seleccionado por el programa de Pequeñas Misiones Innovadoras para la Exploración Planetaria (SIMPLEx) de la NASA en 2019, Lunar Trailblazer mapeará la distribución de las diferentes formas de agua que existen en la superficie de la Luna, lo que ayudará a los científicos a comprender mejor el ciclo lunar del agua e informar a las futuras misiones humanas sobre dónde se pueden encontrar y extraer suministros de agua como recurso.

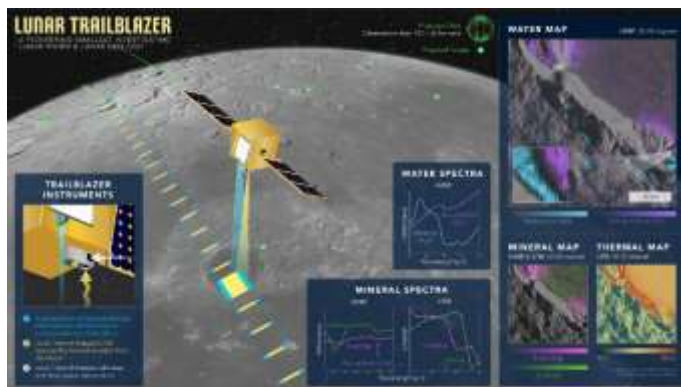
Utilizando la información de Lunar Trailblazer, futuras investigaciones científicas humanas o robóticas podrían tomar muestras del hielo para su posterior estudio y determinar de dónde proviene el agua. Por ejemplo, la presencia de amoníaco en muestras de hielo puede indicar que el agua provino de cometas, el azufre, por otro lado, podría mostrar que fue ventilado a la superficie desde el interior lunar cuando la Luna era joven y volcánicamente activa.

Las fuentes de agua lunar pueden incluir:

- Agua interna del manto, presente en la formación y liberada por procesos geológicos subsuperficiales
- Agua externa, entregada por asteroides y cometas a lo largo de la historia lunar
- in situ, creado en la superficie por interacciones con el plasma del viento solar.

Objetivos.

Comprender si las moléculas de agua se mueven libremente a través de la superficie de la Luna o están encerradas dentro de la roca también es científicamente importante. Las moléculas de agua podrían moverse de "trampas frías" heladas a otros lugares a lo largo del día lunar. La escarcha calentada por el Sol se sublima (pasando de hielo sólido a gas sin pasar por una fase líquida), lo que permite que las moléculas se muevan como gas a otros lugares fríos, donde podrían formar nueva escarcha a medida que el Sol se mueve por encima. Saber cómo se mueve el agua en la Luna también podría conducir a nuevos conocimientos sobre los ciclos del agua en otros cuerpos sin aire, como los asteroides.



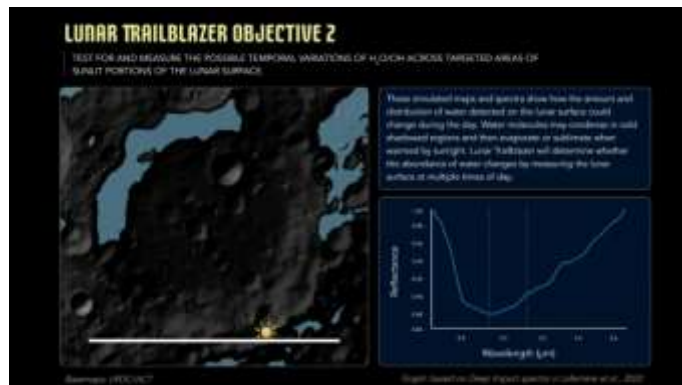
Infografía de la estrategia de adquisición de datos de Lunar Trailblazer. Crédito: Filo Merid (PCC/Caltech).

Objetivo 1: Determinar la forma, abundancia y distribución de H₂O y OH en terrenos iluminados por el sol.



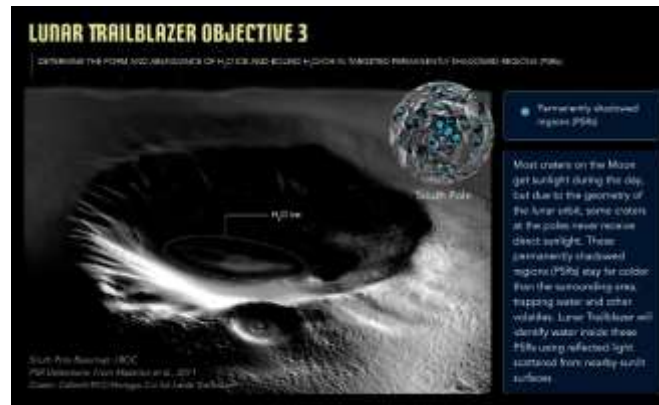
Trailblazer determinará la forma del agua (OH vs. H₂O ligado vs. H₂O hielo), cuánta está presente y su distribución en el lado iluminado por el sol de la Luna. Una correlación entre los aumentos localizados de agua con domos silíceos, vidrios piroclásticos y noritas y anortositas de origen profundo podría sugerir que el agua es endogénica, proporcionando una evaluación global de qué reservorios magmáticos están enriquecidos en agua, y si están correlacionados con otros elementos incompatibles. Estos resultados proporcionarían nueva información para comprender la evolución térmica de la Luna.

Objetivo 2: Evaluar la variabilidad temporal de los volátiles lunares.



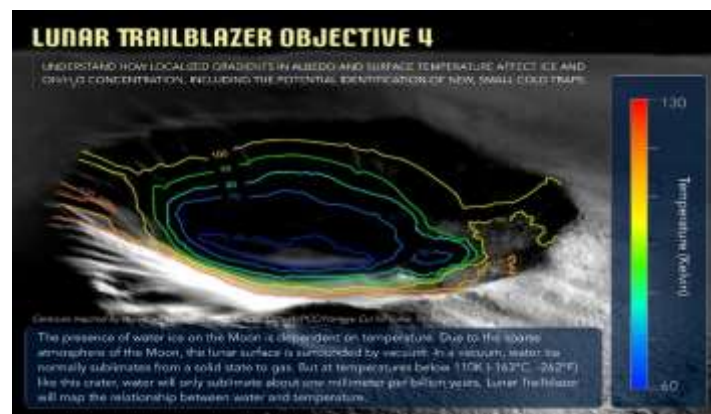
Las mediciones anteriores sugieren que una parte del agua o los productos hidratados en la superficie de la luna dependen del tiempo, lo que implica la creación activa y la destrucción de enlaces químicos. Dicha actividad podría ser impulsada por procesos solares y/o movilidad de volátiles en la superficie actual, en respuesta a gradientes térmicos. Trailblazer busca caracterizar la variabilidad temporal moderna y su posible correlación con la mineralogía y la madurez del suelo.

Objetivo 3: Determinar la forma y abundancia de hielo, H₂O unido y OH en regiones permanentemente sombreadas (PSRs).



En los polos de la Luna hay regiones que están permanentemente en sombra, que se ha hipotetizado que contienen hielo de agua que podría albergar contenido orgánico. Comprender la cantidad de hielo de agua presente, su forma, pureza y contexto geológico y topográfico es crucial para comprender el papel de estos reservorios en el ciclo del agua lunar, o como recursos para futuros exploradores.

Objetivo 4: Comprender cómo los gradientes localizados en el albedo y la temperatura de la superficie afectan al hielo y a la concentración de OH/H₂O.



La posible covariación de la temperatura y el tipo y abundancia volátiles puede ayudar a explicar el comportamiento del agua lunar y limitar la vida útil de los depósitos de hielo. Además, la topografía a pequeña escala y los parámetros termofísicos de la superficie pueden influir en las propiedades del agua y en su estabilidad y accesibilidad. Los datos de temperatura de alta resolución espacial de Trailblazer ayudarán a determinar cómo funcionan los ciclos del agua en cuerpos sin aire.

Dimensiones e instrumentos del Lunar Trailblazer.

Con un peso de solo 200 kilogramos y una medida de 3,5 metros de ancho cuando sus paneles solares estén completamente desplegados, Lunar Trailblazer orbitará la Luna a unos 100 kilómetros de la superficie.

Dos instrumentos científicos a bordo de la nave espacial ayudarán a descubrir estos secretos: el espectrómetro infrarrojo de alta resolución Volatiles and Minerals Moon Mapper (HVM3) y el generador de imágenes multispectrales infrarrojas Lunar Thermal Mapper (LTM).

HVM3 detectará y mapeará las huellas espectrales, o longitudes de onda de la luz solar reflejada, de los minerales y las diferentes formas de agua en la superficie lunar. El

espectrómetro puede utilizar la tenue luz reflejada de las paredes de los cráteres para ver el suelo de los cráteres incluso permanentemente sombreados.

El instrumento LTM, mapeará los minerales y las propiedades térmicas del mismo paisaje lunar. Juntos crearán una imagen de la abundancia, la ubicación y la forma del agua, al tiempo que rastrearán cómo cambia su distribución con el tiempo.

Ambos instrumentos permitirán comprender cómo la temperatura de la superficie afecta al agua, mejorando el conocimiento de la presencia y distribución de estas moléculas en la Luna.

Con estos instrumentos Lunar Trailblazer, mapeará el agua superficial de la Luna con un detalle sin precedentes para determinar la abundancia, la ubicación, la forma y cómo cambia con el tiempo.

Conclusión.

El satélite será lanzado al espacio en el mismo lanzamiento que se realice el de la nave Intuitive Machines-2 a la Luna inicialmente en enero del presente año 2025.

A la fecha, Lunar Trailblazer pasó una revisión crítica de preparación operativa a principios de octubre en Caltech después de completar las pruebas ambientales en agosto en Lockheed Martin Space en Littleton, Colorado, donde se ensambló.

Con la información precisa del agua en la Luna, los futuros exploradores podrán procesar el hielo lunar para crear oxígeno respirable o incluso combustible, y también para hacer ciencia.

AAW, información obtenida de fuentes abiertas.

trailblazer.caltech.edu/objectives.html

nasa.gov/missions/small-satellite-missions/lunar-trailblazer

nasa.gov/missions/small-satellite-missions/lunar-trailblazer



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 03 / 2025
Santiago, 12 de febrero de 2025
PROGRAMA DE EXPLORACIÓN DE MARTE SERVICIOS
COMERCIALES MEPCS
(Mars Exploration Program Commercial Services)

Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 06 Min. de lectura

Durante las últimas dos décadas, la NASA y el Programa de Exploración de Marte (MEP) han dado pasos progresivos para comprender mejor el planeta Marte, buscando vida pasada y presente a través de una serie de orbitadores, módulos de amartizaje y rovers.

En la actualidad, el MEP se encuentra en un punto de inflexión, por lo que, debe adaptarse al cambiante entorno empresarial espacial (ampliar la participación internacional y el interés/capacidad comercial), abordar la infraestructura crítica y envejecida y prepararse para una presencia humana en Marte.

El planeta rojo continúa planteando preguntas claves que requieren un programa coordinado de exploración científica que guíe las actividades de las misiones al planeta rojo para los años 2024 al 2044 a través de:

- La exploración del potencial de la vida marciana.
- El apoyar la exploración humana de Marte.
- El descubrimiento de Marte dinámico.

Con este programa MEP 2024-2044 de la NASA, se inicia un nuevo paradigma para misiones de alta frecuencia y bajo costo a Marte, con el potencial de avanzar en objetivos científicos de alta prioridad, por lo que, las asociaciones con la industria estadounidense son fundamentales para lograr este objetivo, ya que las capacidades emergentes permitirán:

- Ampliar las oportunidades a través de misiones frecuentes, pequeñas y de bajo costo para producir ciencia impactante.
- Construir, fortalecer y mantener la infraestructura crítica.
- Reducir el costo de acceso a Marte a través de asociaciones, proveedores de vehículos de lanzamiento de bajo costo y nuevos sistemas de lanzamiento.
- Desarrollar tecnologías que permitan nuevas capacidades para explorar Marte.
- Hacer que la exploración sea más accesible e inclusiva para la comunidad en general.



Fuente: NASA.

Programa de Exploración de Marte Servicios Comerciales (MEPCS).

La iniciativa, denominada MEPCS consiste en involucrar a la industria privada buscando nichos de beneficio mutuo en los que se podría emplear la experiencia de sistemas desarrollados previamente para la Tierra y la Luna en el programa CLPS (CEEAA).

La NASA definió cuatro categorías de estudios, también denominados DRM (*Design Reference Missions*), que incluyen "remolcadores espaciales" para transportar otras naves espaciales a Marte, naves espaciales para albergar instrumentos científicos y cámaras, y relés de telecomunicaciones.

Los conceptos que se buscan, están destinados a apoyar una amplia estrategia de asociaciones entre el gobierno, la industria y los socios internacionales, para permitir misiones frecuentes y de menor costo a Marte durante los próximos 20 años.

Los DRM o categorías de estudios para seleccionar las empresas son las que se indican a continuación:

- **DRM 1, Servicios de alojamiento y entrega de carga útil pequeña.**
Sirven para colocar en órbita cargas pequeñas, de un mínimo 20 kg, por lo que la mayoría de estas cargas seguramente serán instrumentos de la NASA, aunque también podrían ser pequeños satélites.
- **DRM 2, Servicios de alojamiento y entrega de grandes cargas útiles.**
Tienen como objetivo llevar cargas pesadas a Marte (un mínimo de 1250 kg) que podrían ser varios satélites o uno solo.
- **DRM 3, Servicios de imágenes de la superficie de Marte.**
Obtener imágenes de la superficie marciana con una resolución superior a 1 metro.
- **DRM 4, Servicios de retransmisión de Next-generación.**
Retransmisión de datos de otras sondas a la Tierra, especialmente aquellas situadas en la superficie marciana.

La NASA dentro del MEPCS, envió la solicitud de propuestas (RFP) para ayudar a establecer un nuevo paradigma para las misiones a Marte, con el potencial de avanzar en objetivos científicos de alta prioridad.

Cada una de las empresas que sea seleccionada, recibirá entre 200.000 y 300.000 dólares para producir un informe detallado sobre los posibles servicios, incluida la entrega de carga útil, la retransmisión de comunicaciones, las imágenes de superficie y el alojamiento de la carga útil, que podrían respaldar futuras misiones al Planeta Rojo.

El 29 de enero de 2024, la NASA recibió las respuestas al RFP de las diferentes empresas que participaron en este proceso, para realizar un total de 12 estudios conceptuales sobre cómo se pueden aplicar los servicios comerciales para permitir misiones científicas a Marte.

El 01 de mayo de 2024, la NASA comunicó las empresas que fueron seleccionadas y en que DRM fueron asignadas las que se indican a continuación:

DRM 1.

- Lockheed Martin.
- Firefly Aerospace.
- Impulse Space.

DRM 2

- United Launch Services.
- Blue Origin.
- Astrobotic Technology.

DRM 3

- Albedo Space Corporation.
- Redwire Space.
- Astrobotic Technology.

DRM 4

- SpaceX.
- Lockheed Martin.
- Blue Origin.

Muchas de las propuestas seleccionadas se centran en la adaptación de proyectos existentes actualmente centrados en la Luna y la Tierra para ser aplicadas basadas en Marte.

A continuación, se señalan las propuestas de las empresas para cada DRM.

DRM 1.

- Lockheed Martin, es una versión del pequeño satélite Curio capaz de colocar 30 kg en órbita.
- Firefly, con una variante del remolcador orbital Elytra capaz de llevar 175 kg, o, en la versión Elytra Red, 300 kg a la órbita marciana (Firefly propone emplear su lanzador Alpha para lanzar directamente a Marte pequeños satélites de 20 kg).
- Impulse Space, usaría una versión del remolcador Mira, Mira V2, con capacidad de aerofrenado para colocar una cantidad indeterminada de carga.

Mars Small Delivery & Hosting Concepts – DRM 1 (Delivery & Hosting; 20 kg Payload(s); Multiple Ports)



Fuente: (NASA/Spaceflight Now).

DRM 2.

United Launch Services basada en una versión de la etapa criogénica Centaur del Vulcan capaz de efectuar una maniobra de aerofrenado.

- Astrobotic Technology emplearía una variante del módulo lunar Griffin.
- Blue Origin Estos conceptos incluyen, además del remolcador orbital Blue Origin (a base de propulsión química y eléctrica),

Mars Large Delivery Concepts – DRM 2 (Delivery and Hosting; 1250 kg Payload(s); Multiple Ports)



Fuente: (NASA/Spaceflight Now).

DRM 3.

- Albedo Space Corporation, propone un satélite pequeño capaz de obtener elevadas resoluciones gracias a estar en una órbita muy baja, de unos 300 kilómetros de altitud.
- Redwire Space, ofrece el satélite RedScope, con una óptica comercial Argus sobre la plataforma P200 de la compañía belga Qinetiq.
- Astrobotic Technology, propone, una versión del módulo lunar Griffin dotada de un telescopio de 50 cm de diámetro capaz de obtener de 1 a 2 metros de resolución desde una órbita estándar. Cada imagen cubriría un ancho de 4,8 kilómetros y obtendría imágenes en 6 bandas espectrales.

Mars Imaging Concepts – DRM 3 (Resolve 1 Meter Surface Object)



(NASA/Spaceflight Now).

DRM 4.

- SpaceX una versión marciana de Starlink, denominada Marslink, que incluye un número indeterminado de satélites con enlaces láser entre ellos para enviar datos de las sondas sobre la superficie a la Tierra. Los satélites Marslink también podrían ser usados para obtener imágenes, como los Starshield (CEEAA).
- Lockheed Martin, ofrece una versión de la plataforma de la sonda MAVEN.
- Blue Origin, basada en el remolcador orbital Blue Ring.



(NASA/Spaceflight Now).

Resumen.

El Programa de Exploración de Marte de Servicios Comerciales es una iniciativa de la NASA que busca involucrar a la industria privada en la exploración de Marte.

Este programa se inspira en el éxito del programa de Servicios Comerciales de Carga Útil Lunar y tiene como objetivo aprovechar la experiencia y tecnología desarrolladas para la Tierra y la Luna.

Las asociaciones con la industria estadounidense son fundamentales para lograr este objetivo, por tanto, el Programa de Exploración de Marte está llevando a cabo actividades preliminares para involucrar a la industria en la comprensión de las capacidades y necesidades comerciales y de la NASA.

Estas actividades pueden dar lugar a futuras Solicitudes de Propuestas (RFP), comenzando con estudios de la industria, pero no constituyen un compromiso de la NASA/MEP.

AAW, información obtenida de fuentes abiertas.

NASA Selects Commercial Service Studies to Enable Mars Robotic Science | NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL)

<https://danielmarin.naukas.com/2024/11/12/marslink-y-otras-sondas-comerciales-para-el-planeta-rojo/>

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 04 / 2025

Santiago, 19 de febrero de 2025

AEROPUERTO DE MATAVERI SERÁ MODERNIZADO



Por Victor Villalobos C. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 Min. de lectura.

El Aeropuerto Internacional de Mataveri, en Isla de Pascua, anualmente recibe a miles de visitantes con su especial nombre que, en idioma rapanui *mata veri*, significa “ojos bonitos”.

Es considerado el aeropuerto más remoto del mundo, ubicado a 2.603 km del Aeropuerto de Mangareva, Islas Gambier, Polinesia francesa, su campo aéreo más cercano, aunque no tiene rutas en común con él. Se encuentra a 3.759 km del Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez y a 4.254 km del Aeropuerto de Papeete en Tahití, con los que sí comparte vuelos. El aeropuerto tiene una pista de 3.438 metros (11.281 pies).

Por otra parte, durante el año 2024, en este aeropuerto se realizaron 1095 operaciones aéreas, de las cuales 1015 fueron operaciones nacionales y 80 de carácter internacional.



Es un terminal aéreo administrado por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), considerado dentro de los 7 Aeropuertos Internacionales de la red primaria de aeródromos.

En este Aeropuerto, trabajan diversos profesionales, técnicos y auxiliares aeronáuticos, quienes en un porcentaje importantes son de la cultura Rapa Nui.

Estos profesionales proporcionan los servicios de Control Tránsito Aéreo (CTA), Seguridad de Aviación (AVSEC), Seguridad, Salvamento y Extinción de Incendios (SSEI), Meteorología, entre otros; para velar por la seguridad de las operaciones que ahí se realizan.

Sus orígenes. 1965 - 1967.

La pista del aeropuerto de la Isla de Pascua comenzó a construirse el año 1965 por la constructora Longhi con la colaboración técnica de la Fuerza Aérea de los EEUU y se terminó en 1967 y de manera consecuente el 05 de marzo de ese mismo año, se realizó el vuelo inaugural de la Fuerza Aérea de Chile.

Como dato histórico cabe señalar, que en un principio existieron dos proyectos de emplazamiento del Aeródromo, uno fue el Proyecto Anakena (desde Rano Raraku hasta Anakena) con un costo de 30 millones de Escudos y el Proyecto Mataveri con 10 Millones de Escudo, finalmente el primero fue descartado por el alto costo y por el impacto arqueológico que conllevaba.

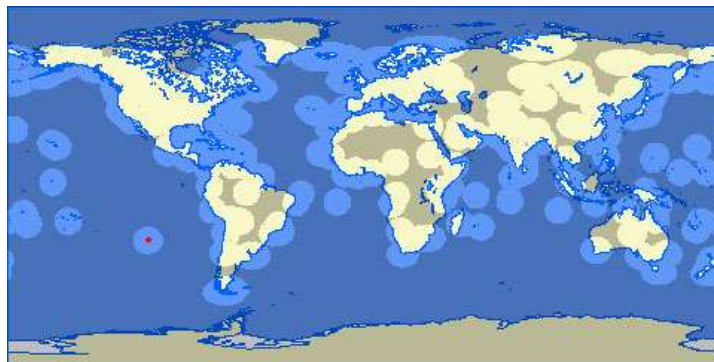
Posteriormente, el 03 de abril de ese año, llegó a Mataveri el primer vuelo comercial de LAN con 28 pasajeros, al mismo tiempo que en la isla funcionaba una Estación de Rastreo de la NASA, que dejó de operar en 1975.

El año 1986, por intermedio del entonces embajador de Estados Unidos en Chile, Harry Barnes, se decidió que, por su ubicación estratégica y la baja densidad de tráfico aéreo, la pista era ideal para ser usada como alternativa de emergencia para el aterrizaje de los transbordadores espaciales. De esta manera se repara y amplía la pista a su longitud actual (3.300 metros) y se le equipa con electrónica avanzada para la navegación aérea.

Su aniversario se celebra en conmemoración del primer vuelo realizado desde Chile continental hasta la Isla, el 20 de enero de 1951. Una verdadera travesía de 19 horas y 22 minutos ejecutada por el Capitán Roberto Parragué Singer, al mando del avión anfíbio Catalina 406 de la Fuerza Aérea de Chile y con una tripulación de ocho personas.

Considerando, que en aquellos tiempos la isla era visitada sólo una vez al año por un buque de abastecimiento con productos del continente, este vuelo se configuró como un verdadero hito aeronáutico: el primer vuelo transoceánico entre Chile y la Isla de Pascua y un claro gesto de integración por parte del gobierno de la época.

El 12 de enero de 1998, la Fuerza Aérea de Chile llevó a cabo la operación “Manu Tama’I” (pájaro de guerra) con la cual, por primera vez, aviones de combate de la institución sobrevolaron los cielos de la isla en un trayecto directo desde el continente, siendo reabastecidos en el aire por el avión tanquero Boeing 707 “Águila” de la Fuerza Aérea de Chile. La misión fue llevada a cabo por los aviones F-5E Tigre III, los cuales cumplieron exitosamente la misión encomendada.



Aeropuertos y su rango de operaciones del mundo, Mataveri en rojo.



De Isla de Pascua (SCIP) a Aeropuerto de Mangareva, Islas Gambier, Polinesia francesa, (GMR) son 2.603 kms. y se encuentra a 3.759 kms. del Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (SCEL).

Hoy, en Isla de Pascua, el Aeródromo de Mataverí es un punto estratégico para las operaciones aéreas que se realizan entre Sur América y el Asia Pacífico, principalmente en el desarrollo del turismo entre estas dos regiones del planeta. El Aeropuerto Internacional Mataverí es de carácter público y es el principal punto de entrada para cientos de turistas, quienes viajan a Isla de Pascua para ver sus sitios arqueológicos. El aeropuerto alberga un bar-restaurant, gran cantidad de tiendas de recuerdos y un área de custodia de equipaje, donde varios hoteles y hospederías de la isla tienen quioscos.

Aeropuerto Internacional de Mataverí en Rapa Nui será modernizado.

El Ministerio de Obras Públicas anunció un plan para transformar el Aeropuerto Mataverí, ubicado en Isla de Pascua, Rapa Nui, considerado el aeropuerto más remoto del mundo. Con una inversión superior a 400 millones de dólares, el proyecto busca modernizar la infraestructura aeroportuaria, fortalecer la conectividad de la isla y potenciar su desarrollo turístico y económico.

La iniciativa incluye la construcción de un terminal provisorio, que estará operativo en 2026, y un terminal definitivo para 2035 en el sector de Orito, 2 kms al noreste del actual, además de una nueva plataforma para aviación comercial, caminos de acceso, y un punto de posada para helicópteros. Estas obras son clave para responder al creciente flujo de pasajeros y carga que Mataverí gestiona anualmente: 300 mil pasajeros y cerca de 7 mil toneladas de carga, ya que el 90% del comercio de la isla depende del transporte aéreo.

Obras destacadas y cronograma

El proyecto contempla:

Terminal provisorio (2026): Inversión de 80 mil millones de pesos.

- Plataforma de aviación comercial: Inversión de 130 mil millones de pesos y adjudicación en 2026.
- Terminal definitivo (2035): Infraestructura de última generación con un costo de 200 mil millones de pesos.
- Punto de emergencia para helicópteros: Operativo en 2026.

Las obras también incluirán elementos patrimoniales y culturales de Rapa Nui, integrados en colaboración con las organizaciones sociales de la isla, para reflejar la identidad única del territorio.



Compromiso de las autoridades.

La ministra de Obras Públicas, Jessica López, destacó la importancia estratégica del proyecto: “Necesitamos que Mataverí sea un terminal acorde al destino mundial que representa la isla. Esta inversión

mejorará la infraestructura, ampliará la capacidad y posicionará a Rapa Nui como un punto clave en el Asia-Pacífico”.

Por su parte, la alcaldesa de Rapa Nui, Elizabeth Árevalo Pakarati, expresó su compromiso con la supervisión de las obras: “Me comprometo a ser garante del cumplimiento de estos compromisos porque necesitamos mejores condiciones para nuestra conectividad. Esto es una gran noticia para nuestra comunidad”.

El delegado presidencial de Rapa Nui, Sergio Tepano, subrayó el impacto del proyecto: “Estamos contentos como gobierno de anunciar compromisos de gran impacto para este territorio, resultado de un largo trabajo”.

El Jefe del Aeropuerto Internacional “Mataverí”, Máximo Meneses, destacó la relevancia de esta modernización para la operación aeroportuaria: “Este aeropuerto fue diseñado para aviones como el Boeing 707, y ya no da abasto para los nuevos aviones. El terminal definitivo será una solución impecable con estándares internacionales”.

El diputado Hotuitu Teao remarcó la deuda histórica del Estado con las islas oceánicas: “Chile tiene una deuda histórica con Rapa Nui. Este proyecto coloca a Mataverí a la altura de su importancia como patrimonio de la humanidad y como la puerta del Asia-Pacífico para el país”.

Un aeropuerto para el futuro de Rapa Nui.

Además de las mejoras en infraestructura, el proyecto contempla la habilitación de nuevos caminos públicos y cercos perimetrales, así como un punto de emergencia para helicópteros, a ubicarse cerca de las dependencias de la Fuerza Aérea de Chile. Estas obras refuerzan el compromiso del gobierno con la conectividad y el desarrollo sostenible de Rapa Nui, una isla clave en la región.



Maqueta del nuevo terminal

Con la modernización del Aeropuerto Mataverí, Rapa Nui dará un paso hacia el futuro, consolidándose como un destino turístico global y fortaleciendo su posición estratégica en el corredor Asia-Pacífico.

Mataverí, considerado el aeropuerto más remoto del mundo, recibe al año cerca de 1.400 operaciones y unos 300 mil pasajeros. En carga, durante el año pasado movió casi 7000 toneladas.

El vuelo a Rapa Nui desde Santiago, tiene una duración de más de cinco horas y media de duración o cinco horas si los pasajeros embarcaron en Tahití.



VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet, MOP, DGAC, JAC.



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 05 / 2025

Santiago, 20 de marzo de 2025

HAKUTO-R Misión 2

Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 10 Min. de lectura.

HAKUTO-R Misión 2 es una misión robótica de alunizaje desarrollada por la empresa japonesa Ispace, que fue lanzada al espacio el 15 de enero de 2025, utilizando un cohete Falcon 9.

La misión tiene como objetivo llevar un nuevo micro rover llamado Tenacious y otras cargas útiles a la Luna.

La antecesora de esta misión, Hakuto-R misión 1, fue una fallida misión de alunizaje no tripulado construida y operada por Ispace, que se lanzó en diciembre de 2022 para un intento de alunizaje en abril de 2023 (Misiones_a_la_Luna)

Hitos de la misión 2.



Los hitos de la misión 2 entre el lanzamiento y el alunizaje, tienen como objetivo alcanzar los criterios de éxito establecidos para cada uno de estos hitos. Los resultados de esta misión, como parte del programa de exploración lunar HAKUTO-R, se sopesarán y evaluarán en función de los criterios y las lecciones aprendidas se incorporarán a futuras misiones que ya están en desarrollo.

Los hitos establecidos entre el lanzamiento y el alunizaje, tienen como objetivo alcanzar los criterios de éxito establecidos para cada uno de éstos, y son los que se señalan a continuación:

Éxito 1. Se deben cumplir los siguientes criterios:

- Completar todos los procesos de desarrollo del módulo de alunizaje RESILIENCE antes de las operaciones de vuelo.
- Contrato y preparación del vehículo de lanzamiento, e integración completa del módulo de alunizaje en el vehículo de lanzamiento.

- Demostrar la capacidad de fabricar y ensamblar módulos de alunizaje de manera flexible en varias ubicaciones geográficas del mundo.

Éxito 2. Se deben cumplir los siguientes criterios:

- Separación completa y exitosa del módulo de alunizaje del vehículo de lanzamiento.
- Reafirmar que el diseño y la estructura del módulo de alunizaje de ispace son capaces de resistir las duras condiciones durante el lanzamiento de su segunda misión, ofreciendo información valiosa para el desarrollo y las misiones futuras

Éxito 3. Se debe cumplir el siguiente criterio:

- Establecer un enlace de comunicación entre el módulo de alunizaje y el Centro de Control de la Misión, confirmar una actitud estable e iniciar una generación estable de energía eléctrica en órbita

Éxito 4. Se debe cumplir el siguiente criterio:

- Completar la primera maniobra de control de órbita, colocando el módulo de alunizaje en curso hacia la Luna.

Éxito 5. Se deben cumplir los siguientes criterios:

- Completar un sobrevuelo lunar aproximadamente un mes después del lanzamiento.
- Comienzo de las operaciones de vuelo en el espacio profundo.

Éxito 6. Se deben cumplir los siguientes criterios:

- Completar todas las maniobras planificadas de control de la órbita del espacio profundo utilizando los efectos de asistencia gravitatoria y apunte con éxito la primera maniobra de inserción en la órbita lunar.
- Reafirmar la capacidad de supervivencia en el espacio profundo de los diseños de los módulos de alunizaje de ispace, así como la viabilidad de la planificación lunar del espacio.

Éxito 7. Se deben cumplir los siguientes criterios:

- Completar la primera maniobra de inserción en órbita lunar y confirmar que el módulo de alunizaje está en órbita lunar.
- Reafirmar la capacidad de ispace para transportar naves espaciales y cargas útiles a órbitas lunares estables.

Éxito 8. Se deben cumplir los siguientes criterios:

- Completar todas las maniobras de control orbital lunar planificadas antes de la secuencia de alunizaje.
- Confirme que el módulo de alunizaje está listo para iniciar la secuencia de alunizaje.

Éxito 9. Se deben cumplir los siguientes criterios:

- Completa la secuencia de alunizaje, verificando las habilidades de alunizaje clave para futuras misiones.

Éxito 10 Se debe cumplir el siguiente criterio:

- Establecer un suministro constante de energía y telecomunicaciones en la superficie lunar después del alunizaje.



El módulo lunar RESILIENCE y el microrover TENACIOUS. (Foto: ispace)

Los resultados de esta misión, como parte del programa de exploración lunar HAKUTO-R, se sopesarán y evaluarán en función de los criterios y las lecciones aprendidas se incorporarán a futuras misiones que ya están en desarrollo.

Módulo de alunizaje Resilience.

El módulo de alunizaje de la Misión 2 se basa en el módulo de alunizaje ispace Hakuto-R de 1.000 kg (masa de lanzamiento) utilizado en la Misión 1 con algunas actualizaciones.

El módulo de alunizaje Hakuto-R Series 1 mide unos 2,3 metros de altura sobre cuatro patas de alunizaje con una huella total de 2,6 x 2,6 metros. La masa seca es de 340 kg.

El cuerpo principal es un prisma octogonal, de 1,64 metros de alto y aproximadamente 1,6 metros de diámetro en la parte más ancha.

Posee un propulsor de alunizaje principal y seis propulsores de asistencia.

La potencia máxima de 350 W es proporcionada por paneles solares montados en el cuerpo que cargan una batería de iones de litio.

Las comunicaciones (enlace ascendente y descendente) se realizan a través de la banda X.

Este módulo de alunizaje, llevará a cabo demostraciones tecnológicas y tiene como objetivo proporcionar servicios confiables de transporte y datos en la Luna.

El lugar de alunizaje previsto es Mare Frigoris, un lugar elegido por su comunicación de radio de línea de visión continua con la Tierra.

Resilience además del rover Tenacious, también transportará otras cinco cargas útiles, que incluyen:

- Un electrolizador de agua de Takasago Thermal Engineering Co., que tiene como objetivo demostrar la producción de hidrógeno y oxígeno en la Luna.
- Un módulo para experimentos de producción de alimentos de la empresa japonesa Euglena.
- Una sonda de radiación del espacio profundo desarrollada por el Departamento de Ciencia e Ingeniería Espacial de la Universidad Nacional Central de Taiwán.
- Una placa conmemorativa desarrollada por Bandai Namco Research Institute, Inc. con una oda a la serie de anime Gundam.
- Un proyecto artístico del artista sueco Mikael Genberg, que será la primera casa en la superficie lunar, aunque es demasiado pequeña para que la visiten los futuros astronautas.



Módulo de alunizaje Resilience. Fuente: Ispace.

Microrover Tenacious.

El microrover Tenacious, es fruto de una colaboración entre la Agencia Espacial de Luxemburgo, la ESA e Ispace Europe.

Se encuentra almacenado en el compartimiento de carga útil en la parte superior del módulo de alunizaje y utilizará un mecanismo de despliegue para posarse en la superficie de la Luna después del alunizaje.

Tomará fotografías de la región de Mare Frigoris en el hemisferio norte de la Luna, así como el regolito recolectado por el módulo de alunizaje Resilience.

El micro-rover mide 26 centímetros de alto, 31,5 centímetros de ancho y 54 centímetros de largo, con un peso aproximado de 5 kilogramos.

Su diseño liviano, se debe en parte, a que su marco está hecho de plásticos reforzados con fibra de carbono (CFRP) para resistir el lanzamiento del cohete y otras vibraciones durante el tránsito hacia la superficie lunar.

El rover está equipado con una cámara HD montada en la parte delantera que puede capturar imágenes de la superficie lunar. Las ruedas tienen una forma tal que le permiten atravesar el regolito lunar de forma estable. Los comandos y datos se enviarán y recibirán desde el centro de control de la misión a través del módulo de alunizaje.

Este rover está diseñado para operar durante unas dos semanas lo que equivale a un día lunar. Este período le permite llevar a cabo los objetivos principales de su misión, incluida la exploración de recursos, la obtención de imágenes y las demostraciones tecnológicas.

El microrover TENACIOUS, tiene varios objetivos clave:

- Exploración de recursos: Llevará a cabo actividades iniciales de exploración de recursos en la superficie lunar, centrándose en la identificación y el análisis de recursos potenciales
- Imágenes y muestreo: Equipado con una cámara de alta definición y una pequeña pala, TENACIOUS recogerá muestras y capturará imágenes detalladas del terreno lunar
- Demostración de tecnología: El rover probará nuevas tecnologías, incluida su estructura de plástico reforzado con fibra de carbono diseñada para soportar las duras condiciones de los viajes espaciales.



Micro Rover Tenacious. Fuente: Ispace.

HAKUTO-R Misión 2, es parte del programa de exploración lunar HAKUTO-R, y servirá como la segunda demostración tecnológica de la compañía, basada en las lecciones aprendidas de la Misión 1, con el objetivo de validar aún más el diseño y la tecnología del módulo de alunizaje, así como el modelo de negocio de ispace para proporcionar Servicios confiables de datos y transporte lunar.

El alunizaje se tiene previsto que se realice entre 4 y 5 meses después del lanzamiento efectuado el 15 de enero de 2025.

AAW, información obtenida de fuentes abiertas.

ispace Announces Mission 2 Launch Date & Time | ispace

ispace-inc.com/wp-content/



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 06 / 2025

Santiago, 26 de marzo de 2025
MISIÓN BLUE GHOST DE FIREFLY

Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 6 Min. de lectura.

La NASA a través del programa CLPS (Commercial Lunar Payload Services) ([programas_de_la_NASA](#)), seleccionó a la empresa Firefly Aerospace con su módulo lunar Blue Ghost, con un contrato de 93,3 millones de dólares, para transportar diez instrumentos científicos suministrados por la agencia espacial.

Blue Ghost, que fue lanzado al espacio el 15 de enero de 2025, alunizó el 02 de marzo de 2025 en Mare Crisium y operará cargas útiles durante un día lunar completo (unos 14 días terrestres). Después de las operaciones de carga útil, Blue Ghost capturará imágenes de la puesta de sol lunar y proporcionará datos críticos sobre cómo reacciona el regolito lunar a las influencias solares durante las condiciones del atardecer lunar. Luego, el módulo de alunizaje funcionará durante varias horas hasta la noche lunar.



Módulo de alunizaje *Blue Ghost*

DIMENSIONES DEL MÓDULO DE ALUNIZAJE.

Blue Ghost es un alunizador de unos 600 kg, con una altura de 2 metros y 3,5 metros de ancho, y para el alunizaje utiliza un tren de aterrizaje de cuatro patas con un centro de masa bajo y una huella ancha, pudiendo llevar a la superficie lunar entre 85 y 135 kg de carga útil.

Blue Ghost viene en dos configuraciones según la latitud del lugar de alunizaje, con los paneles solares situados a ambos lados de la sonda o en un lateral (esta última versión para zonas polares).

La carga útil se puede colocar en varias zonas de la nave, aunque la mayoría está en la parte inferior con el objetivo de tener acceso al suelo lunar, de acuerdo a lo siguiente:

- Sobre la cubierta 3 m², con vistas sin obstáculos al horizonte y al cielo.
- Cubierta media 4 m², con opciones de montaje en estantería, ideal para rovers.
- Bajo cubierta 2 m², con acceso sin obstrucciones a la superficie.
- Interior personalizado, para ubicar carga útil a escala de chasis personalizadas.



Vuelo hacia la Luna.

Después de su lanzamiento por un Falcon 9 de Space X, el día 15 de enero de 2025, Blue Ghost pasó aproximadamente 45 días en tránsito hacia la Luna, lo que le dio tiempo suficiente para realizar comprobaciones de estado en cada subsistema y de la carga útil.



Descenso.

Durante la última hora de descenso, Blue Ghost utiliza la navegación relativa del terreno basada en la visión y la evitación de peligros para medir la posición del módulo de alunizaje e identificar cráteres, pendientes y rocas antes de seleccionar el objetivo final libre de peligros dentro de la zona de posada. Los propulsores RCS de Blue Ghost pulsan según sea necesario durante todo el descenso para un aterrizaje suave.



Blue Ghost alunizó cerca de una característica volcánica llamada Mons Latreille dentro de Mare Crisium, una gran cuenca ubicada en el cuadrante noreste de la cara cercana de la Luna.

El Mare Crisium fue creado por erupciones volcánicas tempranas e inundado con lava basáltica hace más de 3.000 millones de años. Este sitio de alunizaje único permitirá a nuestros socios de carga útil recopilar datos críticos sobre el regolito de la Luna, las características geofísicas y la interacción del viento solar y el campo magnético de la Tierra.

Cargas útiles.

Las cargas útiles de Blue Ghost Mission 1 ayudarán a avanzar en la investigación lunar y realizarán varias demostraciones pioneras, incluidas las pruebas de recolección de muestras de regolito, las capacidades del Sistema Global de Navegación por Satélite, la computación tolerante a la radiación y la mitigación del polvo lunar. Estas investigaciones ayudarán a allanar el camino para el regreso de la humanidad a la Luna. Los datos capturados también beneficiarán a los humanos en la Tierra al proporcionar información sobre cómo el clima espacial y otras fuerzas cósmicas impactan en la Tierra, entre otras investigaciones valiosas.

Los diez instrumentos de la misión Blue Ghost para la NASA:

RAC (Regolith Adherence Characterization): un experimento para estudiar la adherencia del regolito lunar.

NGLR (Next Generation Lunar Retroreflectors): un retrorreflector láser de nueva generación para medir la distancia de la Tierra a la Luna.

LEXI (Lunar Environment Heliospheric X-ray Imager): una cámara de rayos X para estudiar la magnetosfera terrestre.

RadPC (Radiation Tolerant Computer System): experimento para demostrar componentes de ordenador que aguanten altas dosis de radiación.

LMS (Lunar Magnetotelluric Sounder): instrumento para medir los campos magnéticos y eléctricos de la superficie con el objetivo de analizar el manto lunar.

LISTER (Lunar Instrumentation for Subsurface Thermal Exploration with Rapidity): instrumento para medir el flujo de calor del interior de la Luna. Llevará un pequeño taladro capaz de penetrar entre 2 y 3 metros de profundidad.

LPV (Lunar PlanetVac): sistema de recogida de regolito para repartirlo entre otros instrumentos.

SCALPSS 1.1 (Stereo Cameras for Lunar Plume Surface Studies): conjunto de cámaras para estudiar la superficie.

EDS (Electrodynamic Dust Shield): prototipo de escudo contra el polvo lunar que usará un campo eléctrico no uniforme.

LuGRE (Lunar GNSS Receiver Experiment): experimento para estudiar la detectar la señal de los satélites GPS en la superficie lunar.

Los 10 instrumentos permitirán obtener información útil de:

Posicionamiento y navegación.

Determinar ubicaciones precisas será útil para todo, desde mediciones de distancia y elevación hasta la ejecución de aterrizajes de precisión en una ubicación deseada. NGLR establecerá marcadores de referencia lunares que permitirán que las misiones actuales y futuras mapeen con precisión y localicen áreas específicas de la Luna.

LuGRE recogerá señales de GPS y Galileo para evaluar si estas constelaciones en órbita terrestre pueden proporcionar una navegación fiable en la Luna.

Adherencia al regolito.

La superficie de la Luna es un paisaje bastante polvoriento. A medida que se diseñan tecnologías y experimentos para la superficie lunar, el polvo de regolito debe entenderse y tenerse en cuenta mejor. El polvo lunar podría afectar a los componentes mecánicos, a la degradación de los materiales terrestres y a la salud humana, por lo que es necesario conocer mejor sus efectos. RAC, EDS y LPV permitirá ayudar a estudiar cómo el polvo lunar se adhiere a varios materiales y probar el uso del electromagnetismo para mitigar o prevenir la acumulación de polvo.

Flujo de calor interior.

El flujo de calor del interior lunar puede proporcionar información aplicable a muchos temas sobre los que la comunidad científica siente curiosidad. Los datos recopilados por LPV y LISTER podrían arrojar información sobre la historia de la formación de la Luna, las interacciones de las mareas, el grosor de la corteza, los volátiles y ayudar a los humanos a planificar futuras exploraciones, incluido el uso de los recursos naturales de la Luna para la habitación humana.

Interacción con la pluma en la superficie.

El alunizaje de una nave requiere que la nave dispare un propulsor inverso para reducir su velocidad de alunizaje. Este efecto crea una gran columna de polvo y se puede aprender bastante estudiándolo, que es exactamente lo que hará SCALPSS 1.1. Además, LISTER y LPV son sistemas neumáticos de perforación y minería que permitirá entender cómo interactúan los gases y el regolito. Con esta información se podrá diseñar mejor los procedimientos de alunizaje para que sean más efectivos sin comprometer el terreno que se estudiará, y conocer más sobre cómo interactúan los gases y las partículas en entornos de gravedad reducida.

Magnetosfera de la Tierra.

Utilizará imágenes de rayos X para estudiar la magnetosfera de la Tierra, donde el campo magnético de la Tierra interactúa con los vientos solares. Podemos usar estos datos para informar las decisiones en la Tierra sobre las predicciones meteorológicas, proteger el GPS y la conectividad satelital, y prevenir cortes de energía causados por el clima espacial. Las imágenes de rayos X nos proporcionarán vistas invaluable de alta resolución de la magnetosfera de la Tierra.

Estructura de la temperatura y evolución térmica.

LMS nos ayudará a estudiar la corteza lunar y los campos magnéticos, mientras que LISTER mide la temperatura y la conductividad térmica, lo que nos dará una mejor idea de la estructura interna de la Luna, su evolución térmica, la identificación de recursos, las aplicaciones en la ciencia planetaria y los avances en la exploración lunar humana.

Resumen.

El módulo de alunizaje Blue Ghost de Firefly realizará misiones anuales a la Luna con servicios de carga útil personalizados según los objetivos tecnológicos y de exploración de cada cliente.

Al ofrecer oportunidades de viajes compartidos y misiones dedicadas, Blue Ghost puede entregar y alojar cargas útiles en cualquier lugar de la superficie lunar.



Blue Ghost Mission 1 proyecta su sombra sobre la superficie lunar en un video emitido en redes. Foto: Firefly_Space.

AAW, información obtenida de fuentes abiertas.
[Fireflyspace.com/blue-ghost/](https://fireflyspace.com/blue-ghost/)



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 07 / 2025

Santiago, 28 de marzo de 2025

LUNANET

Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 08 Min. de lectura.

La necesidad de contar con servicios de comunicaciones y navegación en vuelos hacia la Luna, se está haciendo cada vez mayor en consideración a la gran cantidad de misiones que se tienen planificadas para ir al satélite natural de la Tierra en los próximos años.

Hay lugares en la Luna que no hay línea de vista con la Tierra, como es el caso de la cara oculta en la cual se necesitan satélites que retrasmitan los datos en tiempo real y en también en el polo sur sucede algo parecido, ya que la Tierra podría estar muy baja en el horizonte o desaparecer de la vista según las estaciones, siendo muy necesario contar con una red de comunicaciones.

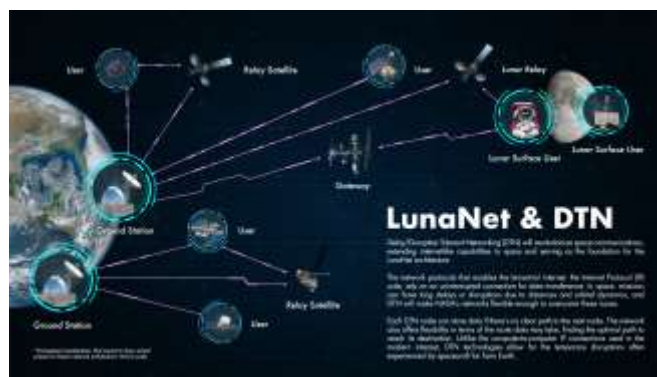
De igual forma, un sistema de posicionamiento lunar permitiría además usar equipos más sencillos que los complejos sistemas de alunizaje actuales, que incluyen una combinación de radares Doppler, lidar y navegación óptica.

Por lo que contar con sistemas de navegación, tiene la ventaja de poder conocer exactamente la posición en que se encuentra un determinado objeto, lo que permitiría alunizajes más precisos al disponerse de mejores datos de posición y velocidad.

De esta forma se abriría la puerta a alunizajes de sondas más sencillas y pequeñas, y de la misma manera, una red de comunicaciones lunares permitiría que las sondas no llevaran equipos y antenas tan grandes y complejas.

En este sentido, LunaNet se concibe como un conjunto de redes de cooperación que proporcionan comunicaciones, navegación y otros servicios para los usuarios en la Luna y sus alrededores. El concepto de LunaNet se basa en un marco de estándares, protocolos y especificaciones de interfaz mutuamente acordados que permiten la interoperabilidad.

LunaNet está destinado a permitir que muchos usuarios de misiones lunares contraten los servicios de diversos proveedores de servicios comerciales y gubernamentales en una arquitectura abierta y evolutiva.



Estructura de LunaNet DTN. Fuente: NASA / Reese Patillo.

Los servicios de LunaNet pueden incluir comunicaciones, mensajería, transmisión de datos y distribución de información de posición, navegación, tiempo y conciencia situacional.

LunaNet es una combinación de tres sistemas diferentes, el LCRNS (*Lunar Communications Relay and Navigation Systems*) de la NASA, la red Moonlight de la ESA y el LNSS (*Lunar Navigation Satellite System*) de la japonesa JAXA.

LCRNS.

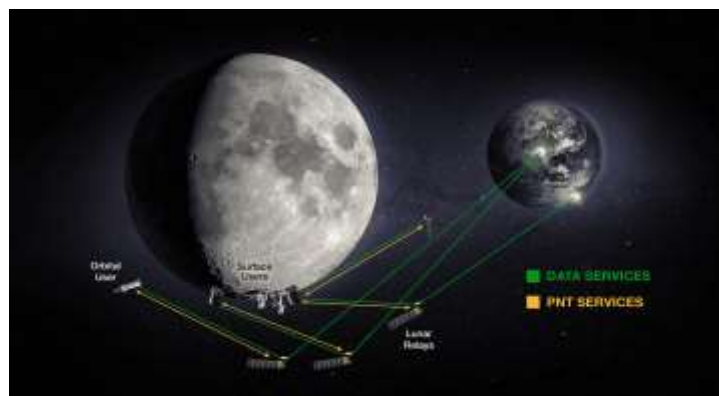
El proyecto de Sistemas de Navegación y Retransmisión de Comunicaciones Lunares (LCRNS) de la NASA es una iniciativa destinada a establecer una sólida infraestructura de comunicación y navegación alrededor de la Luna, y es parte de la arquitectura de Artemis Luna hacia Marte, apoyando el objetivo de la NASA de establecer una presencia lunar sostenida que, en última instancia, permita la exploración humana de Marte.

El proyecto LCRNS desplegará una red de satélites de retransmisión de comunicaciones en órbita lunar para permitir una comunicación continua y confiable entre la Tierra y las misiones lunares, incluso en lugares donde la Tierra no es directamente visible desde la Luna. Esta infraestructura es esencial para misiones tripuladas, misiones robóticas, rovers y desarrollo de infraestructura en la Luna y sus alrededores.

El objetivo de este proyecto es llevar a la Luna capacidades similares a las de Internet, permitiendo que todos los activos intercambien comunicaciones, navegación e información científica. Esto se logrará a través de la Especificación de Interoperabilidad de LunaNet, que establece los estándares interoperables para los servicios de comunicaciones y navegación en la Luna.

LCRNS está verificando y validando los servicios comerciales de retransmisión lunar adquiridos bajo la Solicitud de Propuesta de Servicios de Red de Espacio Cercano de la NASA, mitigando los riesgos asociados a través de inversiones en ingeniería de la NASA y liderando el análisis y la definición de interoperabilidad de LunaNet relevantes.

El proyecto LCRNS permitirá un enfoque de servicio interoperable que facilitará que las misiones en cualquier lugar de la Luna, incluida la cara oculta, se comuniquen a través de activos gubernamentales y comerciales.



LCRNS. Fuente: NASA.

El proyecto trabajará con empresas comerciales seleccionadas para verificar que los relés estén desarrollados para cumplir con los requisitos del programa Artemis. Estos relés probarán la capacidad de sus servicios de comunicaciones y navegación de forma

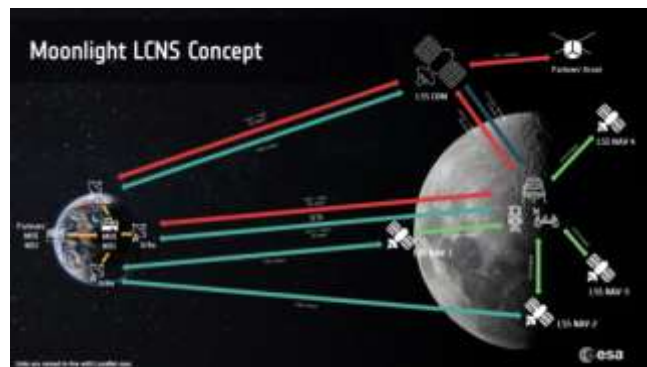
incremental, comenzando con Artemis III y demostrando comunicaciones y navegación de rango completo con Artemis V.

Esta red hará uso de satélites en órbitas ELFO⁴⁶ (Elliptical Lunar Frozen Orbit), que a su vez emplearán las señales secundarias de las constelaciones GPS y Galileo. Los satélites los suministrará la iniciativa privada dentro del marco del contrato CLPS (Programas_de_la_NASA) de la NASA, así que es posible que cada unidad se dedique a otras tareas secundarias además de prestar servicios de comunicaciones y navegación. Por este motivo, aunque se prevé el empleo de órbitas ELFO, algunas unidades podrían estar en otras órbitas diferentes.

MOONLIGHT LUNAR COMMUNICATIONS AND NAVIGATION SERVICES (LCNS).

Moonlight estará formado por cinco satélites, cuatro de 350 kg destinados a servicios de navegación, y uno de 1 tonelada para comunicaciones, conectados a la Tierra a través de tres estaciones terrestres dedicadas a ello, creando una red de datos que se extenderá hasta 400.000 km.

Los satélites estarán estratégicamente ubicados para priorizar la cobertura del polo sur lunar, una zona de especial interés para futuras misiones debido a sus "picos de luz eterna" adecuados para la energía solar y "cráteres de oscuridad eterna" que contienen hielo polar que puede ser una fuente de agua, oxígeno y combustible para cohetes.



Concepto de Moonlight. Fuente: ESA.

Los cinco satélites estarán situados en órbitas elípticas de tipo ELFO, las que garantizan una buena cobertura en los polos, al mismo tiempo que se mantiene una línea de comunicación con la Tierra casi permanente. Además, son órbitas muy estables, afectadas por la desigual distribución de masas de la corteza lunar y por la gravedad de la Tierra, el Sol y hasta Júpiter, además del viento solar.

El programa Moonlight posibilitará y permitirá alunizajes precisos y autónomos, y movilidad en la superficie, al tiempo que facilitará la comunicación y la transferencia de datos a alta velocidad y baja latencia entre la Tierra y la Luna.

La implementación de Moonlight se realizará en fases e iniciará con el Lunar Pathfinder, un satélite de retransmisión de comunicaciones fabricado por la empresa británica Surrey

⁴⁶ Las órbitas bajas congeladas de la Luna se pueden utilizar para permitir misiones de larga duración en la Luna y, al mismo tiempo, minimizar el uso de combustible necesario para el mantenimiento de la órbita.

Satellite Technology Ltd (SSTL), que comenzará a operar en 2026. Luego, los servicios de Moonlight se desplegarán gradualmente, con operaciones iniciales a finales de 2028 y operaciones completas para 2030.

LNSS (Lunar Navigation Satellite System).

El Sistema de Navegación Lunar por Satélite, es un sistema de navegación similar al GPS diseñado para la Luna, desarrollado por la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA), que tiene como objetivo proporcionar servicios fiables y precisos de posición, navegación y temporización (PNT) para misiones lunares.

LNSS estará formada por ocho satélites, cuatro de ellos en una órbita ELFO para garantizar una alta precisión de posicionamiento horizontal en la región del Polo Sur lunar, y los restantes en otra, garantizando así una cobertura continua. Los ocho satélites servirán para ofrecer servicios de navegación, mientras que cuatro de ellos llevarán, además, cargas útiles para servicios de comunicación por radio y láser.

Estos satélites servirán como satélites de retransmisión de comunicaciones utilizando enlaces de banda X, banda Ka y, posiblemente, enlaces ópticos.

LNSS apoyará varias misiones lunares, incluidos rovers presurizados y actividades extravehiculares (EVA), al proporcionar servicios de posicionamiento en tiempo real. El sistema tiene como objetivo lograr una precisión de posicionamiento horizontal en tiempo real de menos de 40 metros en la región del Polo Sur lunar.



LNSS. Fuente: JAXA.

RESUMEN.

El concepto de LunaNet puede introducirse como parte de las primeras misiones y adaptarse a la expansión a medida que nuevos usuarios y proveedores de servicios se conectan. Muchas naciones, agencias y empresas privadas pueden contribuir y participar en el establecimiento y funcionamiento de LunaNet.

Esta infraestructura es esencial para el regreso de la humanidad a la Luna y su presencia a largo plazo, al tiempo que mejora la eficiencia y reduce significativamente los costos operativos y de usuario.



LunaNet: Llevando capacidades de Internet terrestre a astronautas, rovers y orbitadores.

Fuente: NASA / Reese Patillo.

AAW, información obtenida de fuentes abiertas.

esa.int/Newsroom/Press_Releases/ESA_launches_Moonlight
Lunar Navigation Satellite System (LNSS) and Its Demonstration Mission



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 08 / 2025

Santiago, 02 de abril de 2025

SÉPTIMO VUELO DE PRUEBA DE STARSHIP

Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 6 Min. de lectura.

La primera prueba de vuelo del sistema de lanzamiento y nave espacial reutilizable Starship, proyecto desarrollado por SpaceX, del año 2025 voló buscando repetir el éxito del quinto vuelo de prueba de lanzar y capturar el vehículo de lanzamiento Super Heavy, al tiempo que se sometió a una Starship rediseñada y mejorada a un riguroso conjunto de demostraciones como intentar la primera prueba de despliegue de carga útil, constituidos estos por simuladores de satélites Starlink.

En su séptima prueba de vuelo, la nave Starship despegó con éxito, de su base en Texas, el 16 de enero de 2025, y durante el lanzamiento, los 33 motores Raptor impulsaron el propulsor Super Heavy y a la nave Starship en un ascenso nominal.

Después de la separación de la etapa caliente, el propulsor hizo una transición exitosa a su combustión de refuerzo, con 12 de los 13 motores Raptor planificados reencendidos, para comenzar su regreso al sitio de lanzamiento.

Luego, el Super Heavy volvió a encender los 13 motores Raptor del anillo medio y del anillo central de acuerdo a lo planificado y realizó su combustión de aterrizaje, incluido el motor que no se volvió a encender para la combustión del boostback. El encendido de los motores de aterrizaje disminuyó la velocidad del Super Heavy y este maniobró hacia los brazos de la torre de lanzamiento y captura, lo que resultó en la segunda captura exitosa de un propulsor Super Heavy.



Super Heavy próximo a ser capturado.

Fuente: SpaceX.

Después de la separación de etapas, la etapa superior de Starship encendió con éxito los seis motores Raptor y realizó su ascenso al espacio. Antes de que se completara la quema, la telemetría se perdió con el vehículo después de aproximadamente ocho minutos y medio de vuelo. Los datos iniciales indican que se desarrolló un incendio en la sección de popa del barco, lo que provocó un desmontaje rápido y no programado.

La nave Starship debía volar en una trayectoria suborbital durante aproximadamente una hora, intentar desplegar 10 “simuladores” de satélites, que de acuerdo a lo informado por SpaceX eran “similares en tamaño y peso” a la próxima generación de satélites de Internet Starlink y tenía previsto amarizar en el océano Índico.

La nave funcionó sin problemas durante los primeros minutos y aproximadamente dos minutos y medio después del vuelo, la nave Starship se separó de manera segura del propulsor Super Heavy y encendió sus propios seis motores.

Después de volar durante unos cinco minutos, uno de los tres motores internos, dispuestos en un círculo dentro de otros tres motores optimizados para el vacío del espacio, se apagó, y segundos después, más motores comenzaron a apagarse, según los gráficos que se muestran en la transmisión en vivo de SpaceX.

A los 8 minutos y 30 segundos, cinco de los seis motores estaban fuera de servicio. Aproximadamente 10 minutos después, los anfitriones de la transmisión web, confirmaron que la nave Starship se había perdido.

Se estima preliminarmente que la probable causa fue una fuga de combustible, compuesto por oxígeno líquido y metano, utilizado por los motores del cohete Raptor de Starship.

Starship versión v2.

La Starship versión v2, incluía mejoras y cambios de diseño, como es ser 2,1 metros más alta que la versión anterior, por tanto, el conjunto Starship mide 123,1 metros siendo el cohete más alto de la historia, además, su peso es de 135 toneladas en seco siendo mayor que la versión anterior que es de 120 toneladas en seco, además, puede llevar una cantidad de propelente de 1.500 toneladas siendo superior a la versión anterior que podía llevar 1.200 toneladas.



Simulación de lanzamiento de satélites. Fuente: SpaceX.

Se sustituyeron los flaps delanteros por un nuevo diseño, éstos son más pequeños y situados hacia la parte del fuselaje más alejada del plasma durante la reentrada, esto con el propósito de reducir las intrusiones de aire caliente que se había presentado en los últimos vuelos y han comprometido la integridad estructural de la nave. Los flaps traseros también fueron rediseñados.

Otras mejoras incluyen la introducción de un nuevo revestimiento de las líneas de propelentes lo que permite crear el vacío entre las mismas y las conducciones, facilitando su aislamiento térmico y evitando la aparición de hielo sobre las mismas.

Estas modificaciones deben servir para aumentar el tiempo de permanencia en el espacio de la nave, que por ahora no es superior a cuatro órbitas aproximadamente.

La nave incorpora numerosas mejoras en la aviónica y su software, con un nuevo computador de vuelo, más potente, y un sistema eléctrico capaz de llevar 2,7 megavatios de potencia hasta un total de 24 actuadores de alto voltaje. También considera seis antenas Starlink situadas en zonas diferentes a las de la versión 1, con cuatro de ellas justo en los laterales del vehículo y dos juntas justo bajo la puerta del dispensador tipo Pez de los Starlink, permitiendo la transmisión de datos a más de 120 Mbps, incluso durante la reentrada.

Los tanques han sido rediseñados para llevar 300 toneladas extra de propelentes, incluyendo unas cúpulas más simples, como resultado, el volumen interno disponible para la carga útil en la versión v2 se ha reducido con respecto a la v1. Asimismo, los tanques frontales para los encendidos posteriores también se han rediseñado, al igual que el sistema de destrucción FTS, que incorpora nuevos elementos y cargas más potentes.

El escudo de la Starship, con unas 18.500 losetas cerámicas hexagonales, era mucho más homogéneo y tenía un mejor acabado que los de misiones previas. Bajo las losetas se encuentra la capa de material ablativo negro como protección extra que fue introducida en el quinto vuelo.

También, se eliminaron todas las losetas unidas por pegamento en las secciones intermedias de la parte cilíndrica del fuselaje, por lo que todas las losetas cerámicas de esta sección llevaban los característicos tres puntos de sujeción mecánicos, aunque, sigue habiendo losetas unidas por pegamento en otras zonas de la nave, como en el cono y los flaps.

Se ha introducido un nuevo tipo de loseta hexagonal, más pequeñas, para cubrir las zonas con refuerzos estructurales verticales externos y los bordes de los flaps delanteros. Al ser más pequeñas, se estima que también serán más resistentes a las fracturas mecánicas.

Asimismo, se sustituyeron numerosas losetas cerámicas por otras de diversos materiales para comprobar su idoneidad. Algunas losetas llevaban una demostración de un sistema de enfriamiento activo.

La falla.

La falla fue algo inesperada, pero SpaceX informó que estaba probando mejoras sustanciales en esta nave: era más grande en tamaño debido a que SpaceX instaló estanques de combustible de mayor tamaño, por ejemplo, y tenía una nueva computadora de vuelo y aviónica mejorada.



Según SpaceX, hubo un destello en la sección de popa, o "ático", de Starship cerca de uno de sus seis motores Raptor unos dos minutos después de que el vehículo se separara del propulsor Super Heavy. A eso le siguió un aumento de presión en la sección lo que sugirió que había una fuga de combustible.

Un segundo destello siguió unos dos minutos más tarde, después de lo cual hubo "incendios sostenidos" en el ático. "Esto finalmente causó que todos menos uno de los motores de Starship ejecutaran secuencias de apagado controladas y, en última instancia, llevaron a una pérdida de comunicación con la nave", declaró la compañía, con la última telemetría recibida unos 8 minutos y 20 segundos después del despegue.

La compañía concluyó que la causa más probable de la pérdida de la nave fue una "respuesta armónica varias veces más fuerte en vuelo de lo que se había visto durante las pruebas, lo que llevó a un mayor estrés en el hardware del sistema de propulsión". Ese aumento de la tensión provocó fugas de propelente que no pudieron ventilarse por completo desde el ático y permitieron los incendios que provocaron el apagado del motor.

Como parte de la investigación, SpaceX realizó un fuego estático extendido de la Starship construida para la próxima misión, el Vuelo 8, encendiendo sus motores durante 60 segundos en la prueba del 12 de febrero.

"El disparo de 60 segundos se utilizó para probar múltiples niveles de empuje del motor y tres configuraciones de hardware separadas en las líneas de alimentación del motor de vacío Raptor para recrear y abordar la respuesta armónica observada durante el vuelo 7", declaró la compañía. "Los hallazgos del incendio estático informaron cambios de hardware en las líneas de alimentación de combustible para motores de vacío, ajustes a las temperaturas del propelente y un nuevo objetivo de empuje operativo que se utilizará en la próxima prueba de vuelo".

SpaceX dijo también que está agregando rejillas de ventilación y un sistema de purga de nitrógeno gaseoso para reducir la inflamabilidad de la sección del ático de la versión actual de la nave.

Resumen.

El escudo térmico es uno de los puntos más importantes en las mejoras de la versión v2 porque SpaceX quiere comenzar a recuperar las Starship lo antes posible una vez logren alcanzar la órbita, pero eso significa sobrevolar en la reentrada zonas pobladas. Y obviamente no se puede permitir la caída de fragmentos de una nave que se haya desintegrado sobre estas zonas.

La nave Starship está equipada con un "sistema de terminación de vuelo", que está diseñado para destruir el vehículo si este comienza a desviarse de su curso. La destrucción del vehículo está diseñada para garantizar que los grandes trozos del cohete no representen una amenaza para las personas o la propiedad.

SpaceX, informó que, en una prueba como ésta, "el éxito depende de lo que aprendemos, y este vuelo nos ayudará a mejorar la fiabilidad de la nave espacial Starship".

Esto además sirvió como un recordatorio de que las pruebas de desarrollo, por definición, son impredecibles y también necesarias para avanzar en el desarrollo de esta tecnología.

SpaceX llevará a cabo una investigación exhaustiva, en coordinación con la FAA, e implementará acciones correctivas para realizar mejoras en futuras pruebas de vuelo de Starship.

AAW, información obtenida de fuentes abiertas.

spacex.com/launches/mission/?missd=starship-flight-7

danielmarin.naukas.com/septimo-vuelo-de-la-starship



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 09 / 2025

Santiago, 09 de abril de 2025

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA AERONÁUTICA

Por Victor Villalobos. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 Min. de lectura.



La Inteligencia Artificial (IA) ha nacido y va creciendo a pasos agigantados, por lo tanto, en la aeronáutica cobra cada vez más importancia, debido a su gran capacidad computacional para analizar inmensas cantidades de datos y así, crear soluciones a problemas determinados, en base a modelos matemáticos, que se convierten en una gran utilidad y, por ende, un ahorro de tiempo.

La aviación comercial tras la pandemia, ha retomado su ascendente crecimiento, tanto en vuelos de pasajeros como de carga y será necesario la utilización de tecnologías que mejoren la gestión del control de tráfico aéreo. Hasta ahora, el mejor instrumento para alcanzar ese desafío es la Inteligencia Artificial, manteniendo la tripulación básica de dos pilotos en la cabina.

Lo anterior, nos indica que la Inteligencia Artificial, será un pilar fundamental en aeronáutica como herramienta tecnológica, fundamental en aspectos como, optimizar el rendimiento, seguridad y eficacia en las aeronaves y la industria de la aviación en general. Lo anterior, se sustenta en el crecimiento en los próximos años del transporte aéreo, para lo cual, se necesitarán una gran cantidad de aeronaves, para el traslado de un porcentaje creciente de pasajeros y carga, lo que producirá un importante aumento del tráfico aéreo, donde la Inteligencia Artificial será la tecnología que se utilizará para gestionar el tráfico aéreo y la gran cantidad de viajeros.

Este crecimiento de la industria aérea, obligará a las compañías aéreas a la utilización de IA, por tanto, las tripulaciones deberán tener una capacitación acorde al avance de la tecnología. En este escenario, una herramienta tecnológica que puede dar solución a este problema es la Inteligencia Artificial, quien hará más fácil la toma de decisiones en variados ámbitos de acción como, por ejemplo, el control del tránsito aéreo y la meteorología.

El crecimiento del tráfico aéreo, requerirá una nueva estructura de los espacios aéreos, por ende, el uso de Inteligencia Artificial en cabina va a ser un componente importante, ya que el flujo intenso de aeronaves congestionará estos espacios aéreos, por tanto, las cabinas se convertirán en centros de inteligencia, lo que permitirán una interacción eficaz entre el trabajo de la tripulación de abordó, los sistemas automatizados y el control del tráfico aéreo.

Entonces podemos decir, que la Inteligencia artificial redelineara en el futuro a la industria aérea. En este contexto y como se definió en los párrafos anteriores, se requerirá una mayor cantidad de pilotos calificados, al día en las herramientas tecnológicas, acrecentando los conocimientos, transmitiendo su experiencia, tanto de la pericia de los pilotos y controladores aéreos. De acuerdo a lo anterior, esa primicia es un elemento muy importante en la toma de decisiones, especialmente, en contextos de incertidumbre y emergencias imprevisibles en vuelo, donde una decisión ante un riesgo no puede ser calculada por una máquina.



La IA ha tenido un avance vertiginoso, aunque todavía en una etapa inicial en relación a su integración dentro de las aeronaves, por tanto, en lo operativo con el tiempo serán más importantes, en unión con otras herramientas tecnológicas, que avalen la seguridad en las aeronaves, en espacios aéreos congestionados.



Hasta ahora, la IA se presenta como una herramienta que está a la vanguardia en la gestión de datos, hecho de importancia en la aviación.

Lo anterior, lo podemos graficar en que un avión a reacción de transporte de pasajeros como el Airbus A350, con sus 50.000 sensores a bordo, genera aproximadamente 2,5 terabytes de información cada día operativo, que es muy importante para aumentar la disponibilidad de las flotas aéreas y especialmente la seguridad, llegando en los próximos años a generar hasta 8 terabytes de datos por vuelo, generando una nueva dinámica en la industria aérea.

Es entonces, la Inteligencia Artificial es una enorme herramienta con potencial para ser utilizada en variados ámbitos de acción, donde se pueda obtener una reducir de una gran cantidad de carga de trabajo, incrementando a su vez, capacidades en situaciones complejas. Lo anterior, permitirá a la aviación, un mejor uso de los datos, aumentando la productividad.

¿La IA reemplazará a la tripulación de pilotos?



Uno de los temas más debatidos en relación con la IA en la aviación es su impacto en el trabajo de los pilotos. Aunque es poco probable que la IA reemplace por completo a los pilotos en un futuro cercano, sí puede tener un impacto en algunas tareas y funciones específicas.

Lo anterior, lo vemos como algo muy aventurero, que compromete gravemente la seguridad de las personas a bordo de un avión, tal y como ha verificado el demoledor informe de 31 páginas titulado “The Dangers of Single-Pilot Operations” presentado por la ALPA (Asociación de Pilotos de Líneas Aéreas de Estados Unidos).

Por ejemplo, los sistemas de IA pueden ayudar a los pilotos en la toma de decisiones, proporcionando información en tiempo real sobre las condiciones meteorológicas, la disponibilidad de aeropuertos alternativos y las rutas más eficientes. También, pueden ayudar en la gestión del combustible y en la optimización del desempeño de la aeronave.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la IA no puede reemplazar la experiencia y la capacitación de un piloto. Los pilotos siguen siendo fundamentales para la operación segura de las aeronaves, ya que son capaces de evaluar situaciones complejas, tomar decisiones rápidas y adaptarse a circunstancias imprevistas.

Un ejemplo de lo anterior, fue lo que le sucedió al comandante Chesley “Sully” Sullenberger (comandante del vuelo 1549 de US Airways, que con gran pericia y capacidad de decisión, previo diálogo con el copiloto Jeffrey Skies, “Sully” pudo asumir con decisión, a la pérdida casi total del empuje de los dos motores del Airbus A320-214, amarizar en el río Hudson tras chocar con una bandada de pájaros y salvar la vida de todos los pasajeros), decisión asumida de acuerdo a la experiencia de la tripulación.

Los pilotos y controladores de tráfico aéreo seguirán siendo fundamentales para evaluar y tomar decisiones en estas situaciones, utilizando la información proporcionada por los sistemas de IA como apoyo.

Esto no quiere decir que los pilotos de las líneas aéreas, no confíen en la Inteligencia Artificial, están conscientes que cada día, esta herramienta cobra mayor validez, especialmente en la industria aeronáutica, lo que facilitará la labor de las tripulaciones en las operaciones aereas.

Porque es imprescindible mantener dos pilotos en cabina, si se quieren mantener los niveles de seguridad de la aviación civil.



La estructura de dos pilotos en cabina, viene desde hace más de cuarenta años (su consolidación tuvo lugar durante la década de los años ochenta y noventa del siglo XX) y ha demostrado ser, una excelente alternativa para lograr los máximos niveles de seguridad para los vuelos.

La cooperación entre los dos pilotos en cabina y la Inteligencia Artificial, es una dupla que evidentemente mejora la operatividad y la seguridad operacional.

Hay que tener en cuenta, que muchos pasajeros no estarían dispuestos a volar en aviones sin piloto o con un solo piloto, esto relacionado con el mayor riesgo de accidentes, esto comparado con una aeronave con dos pilotos (el comandante de vuelo y el copiloto), con experiencia, capacitados, entrenado y cumpliendo con todas las normas de la seguridad operacional. Lo anterior, considerando que la dupla Inteligencia artificial y dos pilotos en cabina, dan un porcentaje bastante mayor de seguridad.

El éxito en el futuro para la industria aérea, será su capacidad de nivelar el procesamiento de datos con los procedimientos operativos de cabina, con el propósito de garantizar la operatividad de las aeronaves de manera segura y eficiente.

Al implementar la inteligencia Artificial a la aeronáutica, hay aspectos a considerar:

- ✓ Mejorar su fiabilidad.
- ✓ Dos pilotos en cabina, permite aprovechar la experiencia.
- ✓ Mayor capacitación a nuevas tecnologías.
- ✓ Integración en la cabina, tripulación y la IA.
- ✓ Integrar otras herramientas tecnológicas. (control de tránsito aéreo, meteorología).
- ✓ Investigación en la creación de aviones más eficientes en combustible y control del medio ambiente.



La IA está jugando un papel cada vez más importante en la aeronáutica.

Es así que, Airbus, Boeing, Lockheed Martin con su General Dynamics X-62 VISTA (en diciembre de 2021 voló durante 17 horas pilotado por IA) y empresas del sector también, se hayan integrado a la investigación.

La Fuerza Aérea de Estados Unidos está utilizando la Inteligencia Artificial para entrenar a sus pilotos de combate con el programa “Pilot Training Next”, que incluye biometría avanzada, IA y sistemas de realidad virtual en sus simuladores.

La IA facilitará las tareas de las tripulaciones, reducirá su carga de trabajo, componente importante para la reducción de emisiones CO2, optimizará el rendimiento de los sistemas de navegación, el flujo del tráfico aéreo, y otras áreas. La prioridad primordial en la aviación comercial es y siempre será la seguridad. La IA es una herramienta de apoyo, no reemplazará al juicio, la experiencia, la pericia y la capacidad de tomar decisiones de una tripulación.

VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet, notas del autor, extracto del artículo de Manuel Serrano, Aviación Digital.

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 10 / 2025

Santiago, 16 de abril de 2025

BOEING REALIZA CON ÉXITO LA PRIMERA PRUEBA DE NAVEGACIÓN CUÁNTICA



Por Victor Villalobos C. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 Min. de lectura.

La empresa Boeing terminó el primer vuelo de prueba registrado en el mundo con diversos sensores cuánticos en el año 2024, lo anterior, permitió que una aeronave Beechcraft 1900D en vuelo navegara sin el sistema de navegación GPS durante cuatro horas.

Si bien los sensores cuánticos para la navegación se han investigado en entornos de laboratorio durante años, la prueba fue el primer funcionamiento conocido de los sensores en un avión durante el vuelo. Este vuelo y los posteriores, produjeron datos de navegación en tiempo real, necesarios para cualquier aplicación de la tecnología.

El sistema de navegación cuántica regularmente no experimenta interrupciones temporales del servicio que pueden surgir con los GPS actuales u otros sistemas de navegación. La precisión del sistema de navegación cuántica podría permitir que los aviones en rutas comerciales naveguen sin GPS durante todo el vuelo.



Investigadores técnicos a bordo del vuelo de prueba, Fangzhao Alex An, Cody Gruebele, Minh Nguyen y Rachel Sapiro monitorean los datos de navegación. FOTO: JONATHON HENDRICKSON/BOEING.

Midiendo el éxito.

El equipo realizó la prueba utilizando una unidad de medición inercial cuántica (IMU) de seis ejes. La IMU se integró en un sistema de navegación inercial completo y se instaló en un Beechcraft 1900D para la serie de pruebas de vuelo. Una IMU cuántica está diseñada para ser más precisa que las IMU convencionales. Una mayor precisión puede llevar a reducir los

errores de navegación de decenas de kilómetros al final de un vuelo largo a sólo decenas de metros.

El vuelo de prueba de San Luis demostró de modo indiscutible y concluyente que los sensores cuánticos pudieron funcionar con éxito durante despegues, aterrizajes y múltiples maniobras.

“Boeing está liderando el desarrollo de tecnología cuántica que ayudará a mejorar la seguridad del vuelo”, afirmó Ken Li, investigador técnico senior de Boeing e investigador principal de navegación cuántica.

Cualificaciones cuánticas.

Boeing colaboró con AOSense, con sede en California, para diseñar y construir la IMU cuántica.

“Diseñamos nuestra IMU cuántica para un funcionamiento robusto en entornos hostiles y nos complace confirmar que, durante las pruebas de vuelo, el sensor funcionó a lo largo de todos los ejes de entrada, como anticipamos”, afirmó el presidente de AOSense, Brenton Young. AOSense ha estado desarrollando sensores cuánticos desde el año 2004.

¿Cómo funciona el sistema?

Mientras que el GPS calcula la posición triangulando datos entre varios satélites, la navegación cuántica emplea el movimiento de los átomos. Es mucho más preciso y nunca se corta, ni puede ser espiado.

La IMU utiliza una técnica de detección cuántica llamada interferometría atómica para detectar la rotación y la aceleración utilizando átomos, proporcionando una navegación precisa y exacta sin una referencia GPS.

La IMU consta de tres sensores inerciales cuánticos, cada uno de los cuales mide las aceleraciones y rotaciones de un solo eje de la aeronave.

La IMU rastrea la trayectoria que tomó el avión desde su posición inicial. Los ingenieros de Boeing integraron los sensores inerciales cuánticos con sensores y hardware adicionales para garantizar un rendimiento confiable en vuelo.

El resultado fue el primer sistema de navegación cuántico conocido de su tipo.

Rápido hacia lo cuántico.

“La capacidad de operar con seguridad en entornos sin GPS es fundamental tanto para aplicaciones comerciales como de defensa”, afirmó Todd Citron, director de tecnología de Boeing.

Esta prueba de vuelo demuestra el enfoque innovador de Boeing para aprovechar las tecnologías cuánticas ante desafíos operacionales relevantes.

La interacción y las pruebas rápidas permitieron al equipo de Boeing y AOSense avanzar la tecnología desde tres sensores de un solo eje que operan en un entorno de laboratorio a una IMU cuántica que opera en vuelo en un período de solo 15 meses.

Durante este tiempo, el equipo realizó numerosas pruebas de laboratorio, en vehículos terrestres y en vuelo, cada una centrada en identificar mejoras para aumentar la capacidad y la confiabilidad del sensor.

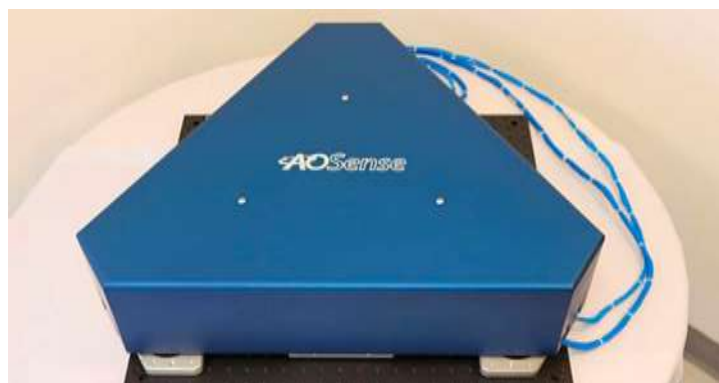
“Estos rápidos avances indican que los sensores cuánticos son muy prometedores para formar parte de la próxima generación de sensores de navegación”, afirmó Jay Lowell, investigador técnico principal sénior de Boeing y gerente de investigación en tecnología cuántica.

“Esta prueba de vuelo es un primer paso histórico en esa dirección”.

Rastreador de estrellas.

Los vuelos también probaron el software de posicionamiento, navegación y sincronización de todas las fuentes (ASPNT) de Boeing.

El software combina información de múltiples modalidades de detección de navegación sin GPS, incluidas la navegación basada en visión, la navegación referenciada por el terreno, la navegación referenciada por anomalías de gravedad, la navegación referenciada por anomalías magnéticas, un rastreador de estrellas y una señal de oportunidad (SOOP) en múltiples niveles de preparación tecnológica.



MIRADA MÁS DE CERCA: El cabezal del sensor IMU cuántico de AOSense funcionó con precisión durante las pruebas de vuelo. FOTO: AOSENSE.



ASIENTO DE VENTANA: Dos telescopios se encuentran en la ventana del avión. Una IMU adjunta permite que el rastreador de estrellas corrija la vibración y el movimiento de la aeronave para identificar mejor las estrellas dentro del campo de visión del rastreador. FOTO: JONATHON HENDRICKSON/BOEING.

Además de la IMU cuántica, los vuelos probaron otros dos sensores: AQNav, un sistema de navegación cuántica de pila completa de SandboxAQ, y un rastreador de estrellas con capacidad para detectar luz diurna que Boeing desarrolló con HRL Laboratories. La combinación de AQNav con el rastreador de estrellas fue esencial para el desarrollo de la tecnología de navegación referenciada por anomalías magnéticas.



Equipo de investigadores técnicos: Minh Nguyen, HRL Laboratories; Los compañeros de equipo de Boeing Clayton Staszewski, Jonathon Hendrickson, Noah Pecor, Michael Shelton y Ron Berzins; y Fangzhao Alex An y Rachel Sapiro, AOSense. FOTO: SEAN REDINGTON/BOEING.

El rastreador de estrellas proporcionó referencias precisas de actitud y posición para apoyar las pruebas de vuelo. La tecnología infrarroja de onda corta (SWIR) del rastreador de estrellas también es un desarrollo único. En comparación con los rastreadores de estrellas utilizados en sistemas militares hace 50 años, el sistema diseñado por Boeing es más pequeño, pesa menos, utiliza una fracción de la energía y logra un mejor rendimiento.

Dos telescopios, junto con cámaras SWIR, forman la parte principal del rastreador de estrellas. El rastreador de estrellas está montado junto a una ventana personalizada que es transparente a la luz SWIR, lo que hace que el rastreador de estrellas sea operativo.

Medición magnética.

AQNav utiliza el campo magnético de la Tierra para comparar mediciones en tiempo real con un campo magnético previamente mapeado. Este enfoque, combinado con los datos de la IMU, ancla significativamente la deriva de la IMU al limitar los posibles errores de navegación a través de un proceso que correlaciona la trayectoria de la aeronave con los datos magnéticos observados.

AQNav ayuda a garantizar que las desviaciones de navegación permanezcan dentro de un margen operativo. Esto da como resultado un sistema de navegación alternativo altamente confiable y preciso que reduce efectivamente la acumulación de errores a lo largo del tiempo, lo cual, es fundamental para volar en áreas donde no hay señales GPS disponibles. Diseñado para funcionar de forma ininterrumpida, a prueba de manipulaciones, las 24 horas, en cualquier condición meteorológica y sin dependencia del terreno, AQNav, es una tecnología pasiva que funciona en segundo plano sin interacción del usuario.

“El rápido progreso se ha acelerado enormemente gracias al enfoque colaborativo de Boeing y sus excepcionales capacidades de integración con SandboxAQ”, afirmó Eddie Rodríguez,

ingeniero sénior de hardware de AQNav. “Esta sólida colaboración, combinada con nuestra experiencia en modelado de IA, nos ha permitido ofrecer un sistema mejorado y demostrar sus capacidades en tan solo seis meses”.

Lo que viene después.

La empresa Boeing realizará una serie de pruebas de laboratorio para ayudar a comprender cómo se comportan los sensores de navegación cuántica IMU en determinadas condiciones ambientales, como la temperatura y la vibración.

Estas pruebas proporcionarán datos a los ingenieros de Boeing y AOSense para mejorar el rendimiento, la robustez y la confiabilidad del sistema de navegación cuántica.



CAJA PARA EXTERIORES: FOTO: SANDBOXAQ.

La navegación cuántica parece una alternativa de futuro para sustituir al GPS, al menos en entornos militares y comerciales en donde se requiera precisión máxima, y reducir a cero los posibles cortes de conexión.

VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet, Aero flap, Computer, Boeing.



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 11 / 2025

Santiago, 23 de abril de 2025

MISIÓN IM 2 NOVA C “ATHENA”

Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 08 Min. de lectura.



Módulo lunar Nova-C Athena (Intuitive Machines).

El módulo lunar Nova-C Athena de la empresa Intuitive Machines en la misión IM-2, fue lanzada al espacio el 27 de febrero de 2025 por un Falcon 9, junto a otras tres naves espaciales: las sondas Odin de AstroForge y Lunar Trailblazer de la NASA (Trailblazer) y el remolcador orbital Chimera GEO-1 de la empresa Epic Aerospace.

Athena es el segundo módulo lunar Nova-C de Intuitive Machines que se envía hacia la Luna, el primero fue Odysseus (nova_c_odiseo) de la misión IM-1, que sufrió el 22 de febrero de 2024 un alunizaje brusco en el que rompió una de sus partes del tren de alunizaje.

En esta misión IM-2 Nova-C, que es la cuarta misión del programa Servicios Comerciales de Carga Lunar de la NASA (CLPS) (Programas_de_la_NASA), donde llevaba varios experimentos de la NASA, como eran, dos rovers (MAPP y Yaoki), así como un saltador lunar denominado Grace.

Tras un alunizaje realizado el día 6 de marzo de 2025, la misión, ha terminado con la nave volcada sobre la superficie lunar, algo similar a lo ocurrido con la misión anterior de la compañía.

En un comunicado de la empresa Intuitive Machines ha informado que “El módulo de alunizaje Athena de la misión IM-2, alunizó dentro de un cráter en la región de Mons Mouton del Polo Sur lunar. Han sido el alunizaje y las operaciones de superficie más meridionales jamás lograda en la Luna”, dando por termina la misión.

La NASA ha confirmado que la sonda alunizó a 400 metros de distancia de la ubicación deseada y que sus operaciones concluyeron el día 7 de marzo, 12 horas después de su accidentado alunizaje. Debido a la orientación de los paneles solares de la nave volcada, unido al bajo ángulo de incidencia de los rayos solares y al frío extremo dentro del cráter, esperan que “Athena” no pueda conseguir recargarse y seguir operando.

Características de Nova C Athena.

Athena se basa en Odysseus, incorporando mejoras como la integración de lidar y el alunizaje autónomo avanzado impulsado por el aprendizaje automático y la inteligencia artificial.

Nova-C Athena es un módulo lunar de 2,12 toneladas (675 kg en seco) construido por la empresa estadounidense Intuitive Machines, con financiación parcial de la NASA para llevar a cabo la misión PRIME-1 del programa CLPS de la agencia espacial. Por este motivo, la misión IM-2 también recibe el nombre PRIME-1, TO PRIME-1 o CLPS PRIME-1 dentro de la NASA.

Nova-C Athena tiene una altura de 4,74 metros, un diámetro del fuselaje hexagonal de 1,59 metros y un diámetro del tren de alunizaje de seis patas una vez desplegado de 4,6 metros, que le permite alunizar en pendientes de hasta 10° de inclinación.

Dispone de varios paneles solares capaces de generar hasta 200 vatios de potencia y siete cámaras panorámicas para relaciones públicas y control de las diversas cargas útiles.

Nova-C puede llevar de 100 a 130 kg de carga útil y tiene un motor principal de 3,1 kilonewton de empuje a base de metano y oxígeno líquidos con un empuje específico (Isp) de 325 segundos, presurizado mediante helio.

Cargas útiles (Payload) que llevaba.

PRIME-1.

El Experimento de Minería de Hielo de Recursos Polares 1 (PRIME-1) de la NASA demostraría la perforación en la superficie de la Luna donde aluniza hasta una profundidad de un metro y utilizaría un espectrómetro de masas para buscar la posible presencia de volátiles.

PRIME-1, era un conjunto de dos instrumentos compuesto por el taladro de un metro de largo (TRIDENT, The Regolith Ice Drill for Exploring New Terrain) y un espectrómetro de masas (MSolo, espectrómetro de masas que observa operaciones lunares).

TRIDENT, intentaría perforar y extraer suelo lunar, llamado regolito, y depositarlo en la superficie para su análisis, y también mide la temperatura del suelo en profundidad, lo que ayudaría a validar los modelos térmicos lunares existentes.

MSolo, identificaría y mediría volátiles de bajo peso molecular que escapan fácilmente del material excavado por TRIDENT. Se puede instalar para medir la exosfera lunar o la desgasificación y contaminación de la nave espacial. Los datos recopilados ayudarán a determinar la composición y concentración de los recursos potencialmente accesibles.

Micro Nova Hopper.

Micro Nova Hopper, fabricado por Intuitive Machines y bautizado Grace Hopper en honor a la ingeniera informática que fue clave en el desarrollo del lenguaje COBOL, tiene una masa de 39 kg.

Una vez en la superficie lunar, Micro Nova «despegaría» mediante un sistema de rieles situado en un costado lateral de Athena, donde ha sido instalado. Luego, alunizaría usando su propio tren de alunizaje de seis patas. Sería capaz de desplazarse unos 25 kilómetros desde el lugar de alunizaje en unos cinco saltos previstos, lo que le permitiría introducirse en al menos un cráter con sombra permanente. La altitud máxima en estos saltos será de 100 metros.

- La tolva Micro Nova puede acomodar hasta 10 kg de cargas útiles científicas.
- Alcance: Hasta 25 km de transferencia balística con la configuración actual.
- Capacidad de carga útil: hasta 10 kg, dependiendo de la autonomía.
- Sensores de a bordo: unidad de medición inercial, rastreador de estrellas, cámara óptica de navegación, Lidar, cámara de conciencia situacional.
- Despliegue: Sistema de rieles del Alunizador.
- Comunicaciones: UHF y Nokia 4G/LTE en superficie, banda S a la red de datos lunares de Intuitive Machines.

Rover MAPP (Mobile Autonomous Prospecting Platform).

El rover MAPP de la empresa Lunar Outpost, con una masa de 10 kg., con sistemas de navegación avanzados que funcionan sin GPS, utiliza señales visuales y sensores para navegar de forma autónoma y evitar peligros, lo que garantiza un rendimiento fiable en el desafiante entorno lunar. Sus cuatro ruedas especializadas y su suspensión de balancín le permiten atravesar terrenos difíciles con precisión, lo que le permite acceder a regiones antes inalcanzables.

MAPP, sería colocado en la superficie usando el sistema RDS (*Rover Deployment System*), consistente en una caja que se sitúa sobre la superficie mediante una pértiga (el rover lleva a su vez un minirover del MIT llamado AstroAnt).

Rover Yaoki.



Rover Yaoki de Dymon (Intuitive Machines).

Rover-bola YAOKI de la empresa japonesa Dymon, muy parecido a los rovers LEV-2 y Sora-Q que volaron en las misiones japonesas SLIM (Modulo Slim) y Hakuto-R IM-1 (Misiones Luna), respectivamente, con una masa de solo 598 gramos es un rover pequeño y liviano que examinará y demostrará la movilidad y adaptabilidad en la superficie lunar cerca del módulo de alunizaje.

LRA (Laser Retro-Reflector Array).

LRA, es una serie de ocho retrorreflectores de aproximadamente media pulgada, una serie única de espejos que se utiliza para medir la distancia, montados en el módulo de alunizaje. El sistema de espejos refleja la luz láser directamente hacia atrás a la nave espacial en órbita que emitió la luz láser para determinar con precisión la ubicación del módulo de alunizaje en la superficie de la Luna.

PLWS (Puli Lunar Water Snooper).

PLWS, es un espectrómetro de neutrones desarrollado por Puli Space Technologies, con sede en Hungría. Este instrumento en miniatura, que pesa solo 400 gramos, recopilaría datos indicadores de hielo de agua de la región del Polo Sur de la Luna. Montado en la tolva Micro

Nova de Intuitive Machines, llevaría a cabo las primeras mediciones directas de la superficie desde un cráter permanentemente sombreado, apoyando los esfuerzos críticos de utilización de recursos in situ (ISRU) para la futura exploración lunar.

Lunar Radiometer (LRAD).

El Radiómetro Lunar estudiaría las temperaturas de la superficie en el Polo Sur de la Luna, particularmente en regiones permanentemente sombreadas donde el hielo de agua puede ser estable. Desarrollado por el Instituto de Investigación Planetaria del DLR y la Freie Universität Berlin, LRAD está integrado en el Micro Nova Hopper de Intuitive Machines.

Freedom.

El sistema de almacenamiento de datos Freedom, de la empresa Lonestar Data Holdings, el primero que dará servicio desde la superficie lunar.

Sistema de Comunicaciones de la Superficie Lunar (LSCS) de Nokia.

La red celular de Nokia será un elemento clave en varias tareas de la misión, proporcionando la conectividad subyacente entre el módulo de alunizaje Nova-C, dos vehículos de la misión y los sensores que llevan.

Nokia tiene como objetivo demostrar que las tecnologías celulares pueden ofrecer capacidades de conectividad y comunicación confiables, de alta capacidad y eficientes para misiones lunares y planetarias tripuladas y no tripuladas para tareas que incluyen voz, video, comunicación de datos, telemetría y datos biométricos.



*Imagen tomada por la sonda 'Athena', volcada dentro de un cráter lunar, con dos de sus patas apuntando hacia un cielo en el que puede verse la Tierra. **INTUITIVE MACHINES.***

Resumen.

De las cuatro misiones CLPS lanzadas hasta la fecha, solo una ha logrado alunizar con éxito, Blue Ghost (CEEAA), que se posó en la Luna el 4 de marzo de 2025, en tanto, Intuitive Machines acumula dos alunizajes accidentados, Odysseus y Athena, y la empresa Astrobotic no llegó a la Luna con Peregrine (CEEAA).

Intuitive Machines tiene contratadas con la NASA otras dos misiones en el programa CLPS. La IM-3 enviará otro módulo lunar Nova-C a la Luna (zona de Reiner Gamma) en 2026. Por su parte, la IM-4 debe despegar en 2027 y alunizar también en el polo sur de la Luna (aunque puede que se decida cambiar la zona).

El análisis de los datos obtenidos por "Athena" determinará si la misión IM-2 llevará la etiqueta de misión fallida y condicionará el destino de la misión IM-3, que está prevista para octubre de 2025.

AAW, información obtenida de fuentes abiertas.

<https://elpais.com/ciencia/2025-03-07/la-athena->

<https://97e97b55-dd53-4bc9-92c>

[https://danielmarin.naukas.com/2025/02/27/nova-c-athena.](https://danielmarin.naukas.com/2025/02/27/nova-c-athena)

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 12 / 2025

Santiago, 06 de mayo de 2025

CHILE CUENTA CON NUEVAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN LA ANTÁRTICA



Por Victor Villalobos. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 Min. de lectura.

En la LX Expedición Científica Antártica (ECA 60) organizada por el Instituto Antártico Chileno (INACH), se instalaron tres nuevas estaciones de la Red Latitudinal de Estaciones Multiparamétricas destinadas a medir y monitorear los efectos del cambio climático en la Antártica.

Este logro fue posible gracias a la colaboración entre el INACH con la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) de la DGAC, que permitió establecer estos puntos en ubicaciones geográficamente desafiantes del continente antártico, como son las islas D'Hainaut, Alcock y Livingston, además de la mantención de los equipos en Cabo Melville (isla Rey Jorge) y en la estación cercana a la base "Profesor Julio Escudero".



A inicios de febrero, el director nacional (s) de INACH, Andrés López, se reunió con los instrumentistas meteorológicos de la DMC, Walter Paredes y Francisco Echaurren, junto al equipo técnico de INACH conformado por Bastián Oyarce y Cristófer Huenchumán; para compartir experiencias y abordar los desafíos que el próximo año traerá la nueva campaña de instalación. En la instancia les agradeció por el valioso apoyo prestado en esta ECA.

Walter Paredes comentó que en esta segunda ECA en terreno (del 15 de diciembre hasta fines de enero), "fueron más de cuarenta días, estuvo muy intenso.

Estamos en convenio formando parte del proyecto de sensores latitudinales, hicimos tres campamentos para instalar tres estaciones distintas. La experiencia fue increíble, pudimos realizar nuestro trabajo en la Antártica con el apoyo excelente de INACH. A pesar del frío y el viento, nunca faltó el compañerismo y el buen desempeño laboral”.

En tanto, el instrumentista Francisco Echaurren agradeció haber sido considerado para participar en esta iniciativa. “Fue un honor saber que nos tenían contemplados para este proyecto, aceptamos encantados. Contribuimos principalmente con nuestra experiencia en la instalación de estaciones meteorológicas en todo el territorio chileno. Es importante mencionar que el apoyo se da gracias a nuestra relación con la Organización Meteorológica Mundial y nuestra experiencia en este tipo de instalaciones”, mencionó.



“El aporte de la DMC fue indispensable. Originalmente, planeamos tener dos equipos de tres personas cada uno trabajando cerca del punto de inicio, pero, finalmente, decidimos que los seis miembros del equipo trabajaríamos juntos en cada punto. Esto nos permitió optimizar los tiempos y alcanzar nuestros objetivos aprovechando al máximo todos nuestros recursos para hacer la instalación antes de que empeoraran las condiciones climáticas y nos viéramos obligados a abandonar los puntos de trabajo”, señaló Bastián Oyarce, responsable del proyecto de sensores latitudinales del INACH.

Para esta campaña también se contó con el apoyo del Ejército a través del Teniente Coronel Fernando Inostroza, quien asesoró el trabajo del equipo en los campamentos. Él junto a Ignacio Reyes de INACH, gestionaron aspectos clave como identificar el lugar más seguro para el campamento, la alimentación, el montaje y desmontaje del campamento, el secado de los equipos y prendas, entre otras funciones.



Nuevas estaciones meteorológicas.

La Red Latitudinal de Estaciones Multiparamétricas busca recibir y transmitir datos en tiempo real sobre el cambio climático abarcando aspectos como la velocidad y dirección del viento, radiación solar, temperatura del aire, agua y suelo; humedad relativa, precipitación, altura de la nieve precipitada y presión barométrica.

Oyarce explica que “el objetivo era instalar tres nuevas estaciones en Antártica para llegar a trece durante este año, quedan tres pendientes para la próxima ECA y así completar 16 puntos de estación meteorológicas. Además, aprovechamos de hacer mantenimiento a dos estaciones: cabo Melville y a la estación de Escudero”.

La fase 1 del proyecto aún no concluye. “Debemos escoger los puntos donde instalaremos nuevas estaciones este año, pero la idea es que sean estratégicos y representativos, en los extremos latitudinales”, agrega el profesional del INACH.

Como desafíos futuros, se planea implementar nuevos puntos en la red. “Pero no como estaciones meteorológicas convencionales, sino como sensores oceanográficos que incluyen un conjunto de dispositivos sumergidos, lo cual es novedoso para nosotros”, subrayó.

Reactivación de la Estación Satelital Polar en la Isla Rey Jorge.

A partir de febrero de 2025, la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) dependiente de la Dirección General de Aeronáutica Civil, reactivó la Estación Satelital Polar en la Isla Rey Jorge, Antártica Chilena, un componente esencial para fortalecer la vigilancia meteorológica en la región, mejorar la respuesta ante eventos climáticos extremos y aumentar la seguridad de las operaciones aéreas y científicas en el extremo sur de Chile.

La Antena Polar, ubicada en las inmediaciones del Aeródromo Teniente Rodolfo Marsh, permaneció fuera de operación desde diciembre de 2021 y su restablecimiento permitirá recibir en tiempo real datos provenientes de satélites en órbitas polares, como los de las series NOAA, MetOp y Suomi-NPP. Este avance marca un hito importante para la DMC, ya que contribuye significativamente a la mejora de la precisión de los pronósticos que realiza el Centro Meteorológico Antártico y al monitoreo de fenómenos meteorológicos extremos en una de las regiones más remotas del planeta.



Esta reactivación fue posible gracias a la colaboración de especialistas y profesionales de las Secciones Instalaciones Meteorológicas (SIM) y de Investigación y Soporte Tecnológico (SISTEC) de la DMC, quienes realizaron una serie de tareas críticas para la restauración y

optimización de la estación satelital, tales como el reemplazo de componentes esenciales (demodulador de la Banda L), el mantenimiento de servidores de adquisición y procesamiento de datos, y la puesta en marcha de la antena satelital.

Contribución a la recolección de Datos Meteorológicos.

La reactivación de la Antena Polar proporciona varios beneficios, entre ellos:

- Mayor resolución espacial y cobertura en latitudes altas: Los satélites en órbita polar permiten obtener información detallada y frecuente en áreas donde la observación terrestre es limitada.
- Actualización constante de datos: Los satélites polares pasan sobre la misma región varias veces al día, proporcionando datos meteorológicos recientes y reduciendo el tiempo de respuesta ante cambios abruptos.
- Soporte a modelos de pronóstico: Los datos recopilados alimentan modelos meteorológicos globales, mejorando su precisión.

Monitoreo de Fenómenos Extremos y Cambio Climático.

Su activación mejora la capacidad de detectar fenómenos como tormentas severas, bajas polares y ciclones extratropicales, que pueden afectar, tanto a la región Antártica, como al extremo sur de Chile. Además, contribuye al monitoreo de eventos como la formación de hielo marino y la vigilancia de la nubosidad baja y nieblas que pueden poner en riesgo las operaciones aéreas.

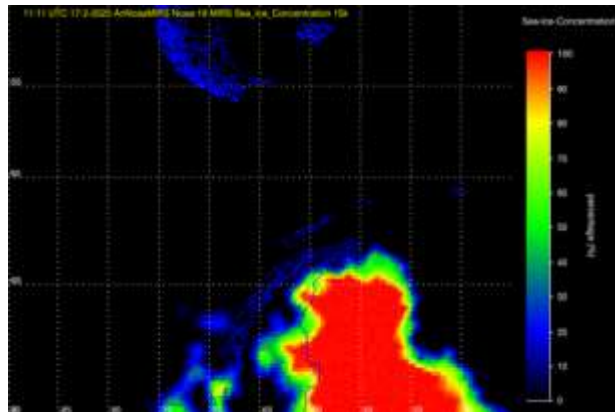


Imagen satelital proveniente de bandas polares.

Impacto en el Pronóstico Aeronáutico.

Otro importante impacto positivo será en el pronóstico aeronáutico, para las rutas claves como:

- Punta Arenas – Base Presidente Eduardo Frei.
- Base Presidente Eduardo Frei – Glaciar Unión.
- Base Presidente Eduardo Frei – Base Bernardo O’Higgins y glaciares ubicados en las islas Shetland del sur.

Los beneficios incluyen:

- Mejor detección de condiciones adversas: El monitoreo detallado de tormentas de nieve, turbulencia y niebla optimiza la seguridad en vuelos hacia la Antártida.
- Planificación más eficiente: Información precisa en tiempo real para reducir riesgos y minimizar desvíos en vuelos hacia la región.
- Mayor seguridad en operaciones científicas y logísticas: Crucial para vuelos de abastecimiento y misiones científicas en zonas sin aeropuertos alternativos cercanos.

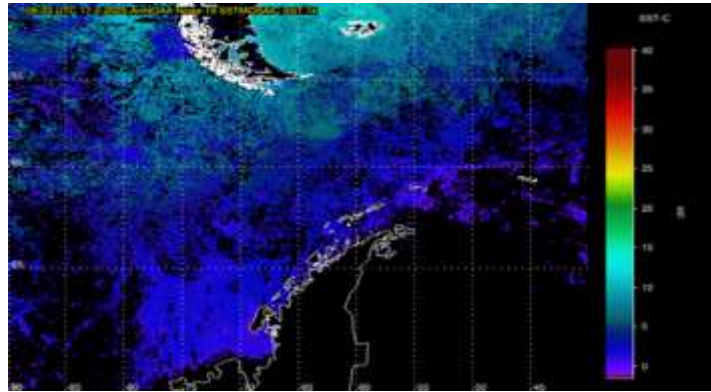


Imagen satelital proveniente de bandas polares.

La restauración de esta infraestructura satelital no solo fortalece la vigilancia meteorológica en la Antártica, mejorando la precisión de los pronósticos y optimizando la planificación de vuelos, sino que también refuerza el compromiso de la DMC con la mejora continua de la infraestructura meteorológica nacional.

Esta acción es clave para enfrentar los desafíos técnicos en las regiones más remotas de Chile, garantizando la seguridad y eficiencia de las operaciones en estas zonas de difícil acceso.

VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet, DGAC, DMC.



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 13 / 2025

Santiago, 06 de mayo de 2025

CIBERATAQUES A SATÉLITES

Por Álvaro Aguirre. Director de Asuntos Espaciales. 10 Min. de lectura

El espacio es una parte vital de las actividades de los seres humanos y de los países que lo han utilizado para fines de comunicación, monitoreo del medio ambiente, recopilación de inteligencia, realización de experimentos científicos vitales y suministro de datos para el posicionamiento global, la navegación y el cronometraje.

Asimismo, los países dependen cada vez más de las capacidades mundiales de los satélites para las infraestructuras nacionales e internacionales, que incluyen los sistemas que rigen la navegación de aeronaves, barcos, vehículos terrestres y sistemas de armas, las maniobras de las fuerzas armadas, las transacciones financieras, Internet y las telecomunicaciones.

La arquitectura basada en el espacio es fundamental para el suministro de datos y servicios en lo que genera una dependencia crítica del espacio, que da lugar a nuevos riesgos cibernéticos que afectan de manera significativa al desarrollo de las diferentes actividades que son soportadas por la información entregada por los satélites.

Los ciberataques a satélites son intentos de comprometer la seguridad y funcionalidad de estos dispositivos mediante técnicas digitales. Estos ataques pueden tener consecuencias graves, como interrupciones en las comunicaciones, errores en la navegación, impacto en servicios financieros y riesgos para la seguridad nacional.



Todos los satélites dependen de la tecnología cibernética, incluidos el software, el hardware y otros componentes digitales. Cualquier amenaza al sistema de control de un satélite o al ancho de banda disponible plantea un desafío directo a los activos críticos nacionales.

Principales amenazas cibernéticas para satélites.

Los satélites están expuestos a múltiples formas de ciberataques, desde interferencias hasta la toma de control total de los sistemas de gestión. Las técnicas más comunes utilizadas por los hackers incluyen:

- Spoofing.

Este ataque implica suplantar la identidad de un satélite, alterando las señales y datos que transmite. Esto puede causar errores en los sistemas de navegación y comunicaciones, comprometiendo servicios críticos como el GPS.

- Jamming.

La interferencia deliberada de señales satelitales puede interrumpir su funcionamiento, afectando a servicios dependientes de estas señales, como las telecomunicaciones y los sistemas de posicionamiento global.

- Ataques a Software.

Los hackers pueden explotar vulnerabilidades en el software de los satélites o de las estaciones terrestres para tomar control de las operaciones.

Un atacante podría desviar un satélite, interferir en sus comunicaciones o desactivar sistemas esenciales.

- Ataques de Denegación de Servicio (DoS).

Los satélites pueden ser inundados con solicitudes falsas, lo que los sobrecarga y los deja temporalmente inoperativos. Esto puede causar fallos en las comunicaciones o la incapacidad para controlar los dispositivos en órbita.

Consecuencias de los ciberataques a satélites.

Los ciberataques dirigidos a satélites tienen repercusiones potencialmente devastadoras. No solo afectan las comunicaciones y la navegación, sino que también pueden poner en riesgo la seguridad nacional y la economía global. Algunas de las principales consecuencias incluyen:

- Interrupción de comunicaciones globales.

Muchos de los sistemas de telecomunicaciones globales dependen de satélites, y un ataque exitoso puede dejar sin servicio a millones de usuarios de telefonía, televisión e internet. Esto puede causar interrupciones generalizadas en las actividades comerciales y cotidianas.

- Fallos en la navegación y el transporte.

Los sistemas GPS, fundamentales para la aviación, el transporte terrestre y marítimo, pueden ser gravemente afectados por ataques de spoofing o jamming. Esto puede provocar accidentes, desvíos o incluso retrasos significativos en la logística global.

- Compromiso de la seguridad nacional.

Los satélites son vitales para las capacidades de defensa y vigilancia de los países. Un ataque cibernético podría comprometer la capacidad de un país para detectar amenazas en tiempo real o coordinar acciones militares.



Últimos ataques a satélites (2020-2024).

- **Ciberataque a la red satelital de Viasat (2022).**

Uno de los incidentes más graves ocurrió en marzo de 2022, cuando un ataque cibernético dirigido contra la red satelital KA-SAT de Viasat, una empresa de comunicaciones por satélite, interrumpió las comunicaciones en Europa, afectando a decenas de miles de usuarios. El ataque coincidió con la invasión rusa de Ucrania y tenía como objetivo desestabilizar las comunicaciones del gobierno ucraniano. Los ciberatacantes utilizaron técnicas de sabotaje para interrumpir los módems conectados a la red satelital. El impacto fue tan profundo que algunos terminales quedaron completamente inservibles.

- **Spoofing en GPS: Ataques a buques (2020).**

En 2020, se detectaron varios incidentes de spoofing en señales GPS que afectaron a buques en las costas de China y el Mar Negro. Estos ataques alteraron las ubicaciones mostradas en los sistemas de navegación, poniendo en peligro a embarcaciones comerciales. Los atacantes lograron enviar señales falsas a los receptores GPS, desviando a las embarcaciones de su curso sin que los operadores se dieran cuenta. Estos incidentes subrayaron el riesgo creciente para los satélites de navegación y la urgencia de mejorar la ciberseguridad en el espacio.

- **Hackeo a satélites comerciales en India (2021).**

En 2021, un grupo de hackers conocidos como "DragonFly" lanzó un ataque contra satélites comerciales utilizados por India para servicios de comunicación. Aunque, el ataque no tuvo éxito en tomar control total de los satélites, los hackers lograron penetrar en las redes terrestres, destacando la vulnerabilidad de las estaciones de control en tierra y la posibilidad de futuros ataques más devastadores.

- **Ataque de DoS a sistemas de vigilancia espacial de EE. UU. (2023).**

En mayo de 2023, un ataque de denegación de servicio (DoS) dirigido a los sistemas de vigilancia espacial del Comando Espacial de EE. UU. interrumpió temporalmente las operaciones de monitoreo de satélites.

Este incidente subrayó la importancia de proteger tanto los activos en órbita como las infraestructuras terrestres críticas.

El ataque, aunque temporal, creó preocupaciones sobre la seguridad nacional y la capacidad de monitorear el espacio en tiempo real.

Estrategias de defensa en ciberseguridad espacial.

Para proteger los satélites de estas crecientes amenazas, la ciberseguridad espacial ha desarrollado una serie de técnicas avanzadas:

- **Cifrado de comunicaciones robusto.**

La información transmitida y almacenada en los satélites se protege mediante algoritmos de cifrados avanzados, dificultando el acceso no autorizado.

- **Sistema de Detección de intrusiones.**

Se implementan sistemas de monitoreo continuo para detectar y responder rápidamente a cualquier actividad sospechosa en los satélites.

- **Aislamiento de redes.**

La separación de las redes satelitales de otras redes reduce el riesgo de propagación de malware y otros ataques cibernéticos.

- Actualizaciones de software continuas.

Se mantienen actualizados los sistemas operativos y aplicaciones de los satélites, corrigiendo vulnerabilidades antes de que puedan ser explotadas.

- Capacitación del personal.

Se forma continuamente al personal que opera los satélites en las mejores prácticas de ciberseguridad, asegurando una defensa proactiva.



- Inteligencia Artificial (IA).

La IA se utiliza para analizar grandes volúmenes de datos en busca de patrones de amenazas, mejorando la capacidad de respuesta ante ataques emergentes.

Casi todos los conflictos bélicos modernos dependen de la información que entrega los satélites, por lo que las vulnerabilidades cibernéticas socavan la confianza en el rendimiento de los sistemas estratégicos, aumentando la incertidumbre en la información y el análisis, afectando la credibilidad de la disuasión y la estabilidad estratégica.

Además, la pérdida de confianza en la tecnología, también tiene implicaciones para determinar la fuente de un ataque malicioso (atribución), el cálculo estratégico en la toma de decisiones en crisis y puede aumentar el riesgo de percepción errónea.

El funcionamiento de todos los satélites depende de la tecnología cibernética, incluidos los programas informáticos, el hardware y otros componentes digitales, y cualquier amenaza que pudiera afectar los controles, la confiabilidad o la disponibilidad de ancho de banda de un satélite, plantearía un desafío directo a los activos críticos nacionales.

Si las ciberamenazas no se abordan de manera eficaz, las vulnerabilidades en la infraestructura estratégica podrían tener graves consecuencias para la seguridad, ya que las vulnerabilidades cibernéticas golpean el corazón de las tecnologías claves en todos los ámbitos.

Los sistemas militares estratégicos dependen en gran medida de los activos espaciales para la navegación y la selección de objetivos, la sincronización, el posicionamiento, el mando y el control, la supervisión operativa, la recopilación de inteligencia y el reconocimiento, entre otras funciones. Sin embargo, la creciente vulnerabilidad de los bienes basados en el espacio, las estaciones terrestres, los sistemas de mando y control conexos y el personal que gestiona los sistemas aún no ha recibido la atención que merece.

Invertir en medidas de mitigación y en la resiliencia de los sistemas espaciales para los diferentes fines ya sean civiles o militares, son clave para lograr la protección en todos los ámbitos.

AAW, información de fuentes abiertas, internet, Cybersecurity of NATO's Space-based Strategic Assets | Chatham House – International Affairs Think Tank.



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 14 / 2025

Santiago, 09 de mayo de 2025

COMPUTACIÓN CUÁNTICA EN DEFENSA

Por Álvaro Aguirre. Director de Asuntos Espaciales. 10 Min. de lectura.

La computación cuántica tiene varias ventajas sobre la clásica entre las cuales destaca una mayor potencia de cálculo y un menor consumo de energía. Esto abre la puerta a resolver problemas que hasta ahora eran imposibles haciendo uso de la computación clásica.

Mediante un sistema convencional para encontrar la mejor solución a un problema, sería necesario probar todas las posibles soluciones, sin embargo, con la computación cuántica, esto no sería necesario, ya que, al poder encontrarse en varios estados al mismo tiempo, un sistema cuántico sería capaz de probar estas soluciones simultáneamente, pudiendo resolver el problema en menos tiempo.

La computación cuántica promete revolucionar las operaciones militares con aplicaciones en simulaciones bélicas, logística avanzada y comunicaciones invulnerables.

Aunque aún en desarrollo, esta tecnología debiera ocupar un lugar central en los planes estratégicos de las Fuerzas Armadas.



Simulaciones.

Una de las áreas clave en las que la computación cuántica que podría tener un impacto inmediato, es en las simulaciones bélicas, ya que, a diferencia de los softwares tradicionales para modelar escenarios de combate, los computadores cuánticos podrían llevar estas simulaciones a un nivel de detalle que le permitiría analizar múltiples variables en forma simultánea y precisa. Los algoritmos cuánticos permitirán comprender con mayor profundidad los posibles desenlaces de situaciones tácticas complejas.

Logística.

Oro ámbito donde la computación cuántica podría marcar la diferencia, es en la optimización logística y el mantenimiento de sistemas de armas, considerando que, en la actualidad, los programas de mantenimiento siguen calendarios fijos, lo que a menudo resulta ineficiente.

Los algoritmos cuánticos podrían adaptarse en tiempo real a las condiciones de los equipos, maximizando la operatividad de los sistemas de armas. Este enfoque ya ha demostrado ser exitoso en industrias civiles como el comercio electrónico y la logística alimentaria, y las Fuerzas Armadas debieran aprovechar esta capacidad para reducir costos y mejorar la eficiencia.

La corrosión, uno de los mayores desafíos para los equipos de las Fuerzas Armadas, se podría combatir eficazmente con la ayuda de computadoras cuánticas, ya que éstas tienen la capacidad de modelar reacciones químicas complejas a nivel atómico, ofreciendo nuevas formas de estudiar y mitigar este problema. Aunque esta aplicación aún requiere avances significativos en la potencia de cálculo, los expertos consideran que la computación cuántica podría ser una herramienta revolucionaria en este campo a largo plazo.

La computación cuántica está en camino de revolucionar el sector del transporte, ofreciendo soluciones avanzadas para la optimización de rutas y logística, utilizando la capacidad de procesar y analizar grandes volúmenes de datos de manera exponencialmente más rápida que los métodos tradicionales. Esta capacidad podría transformar cómo se planifican y ejecutan las operaciones logísticas.

La optimización de rutas de transporte logístico es un área donde la computación cuántica podría tener un impacto significativo. Actualmente, se utilizan algoritmos complejos para determinar las rutas más eficientes, pero a menudo se enfrentan a limitaciones debido a la cantidad de variables y datos involucrados. La computación cuántica promete superar estas limitaciones, permitiendo cálculos en tiempo real que consideran factores como el tráfico, las condiciones meteorológicas y el consumo de combustible.

Además de la optimización de rutas, la computación cuántica puede mejorar la gestión de flotas y la organización de redes de transporte, al permitir un análisis más rápido y preciso de los datos, las organizaciones logísticas podrían ajustar sus operaciones sobre la marcha, mejorando la eficiencia y reduciendo costos.

La logística y la cadena de suministro son componentes críticos para las operaciones militares, y la computación cuántica tiene el potencial de transformar estos procesos a nivel fundamental. La capacidad de simular y prever escenarios complejos con alta precisión podría revolucionar la planificación logística, mejorando tanto la previsión de la demanda como la gestión de inventario.



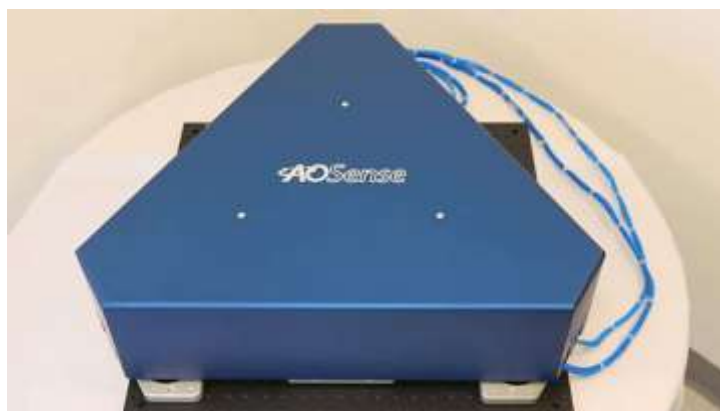
Los algoritmos cuánticos podrían ayudar anticipar interrupciones en la cadena de suministro, como desastres naturales o efectos de las Fuerzas enemigas sobre las propias. Con esta información, se pueden implementar estrategias proactivas para mitigar riesgos, asegurando un flujo continuo de bienes y servicios.

La computación cuántica podría optimizar los procesos de distribución, reduciendo el tiempo y los recursos necesarios para mover productos desde los fabricantes, unidades de acopio hasta el usuario final.

Navegación.

En cuanto a la navegación, los sensores cuánticos prometen ofrecer una precisión mucho mayor que los tradicionales, lo que permitiría a los diferentes sistemas de armas determinar su posición sin depender del GPS, reduciendo los riesgos de interferencias externas.

Los sistemas de navegación cuántica se basan en lo que se denomina detección cuántica en la que, en condiciones criogénicas, los movimientos de un solo átomo se rastrean con precisión mediante las propiedades peculiares de la mecánica cuántica, como el entrelazamiento cuántico, la interferencia cuántica y la compresión de estados cuánticos. Combinados con relojes atómicos y análisis de software especiales para filtrar interferencias, estos pueden reemplazar al GPS durante un tiempo considerable.



El cabezal del sensor IMU cuántico de AOSense funcionó con precisión durante las pruebas de vuelo.

FOTO: AOSENSE

Se están desarrollando sistemas que utilizan sensores cuánticos para hacer con mayor precisión lo que los sistemas de guía inercial hacen actualmente, lo que explota lo que se conoce como detección cuántica, que aprovecha las propiedades peculiares de la mecánica cuántica, incluido el entrelazamiento cuántico, la interferencia cuántica y la compresión de estados cuánticos. Esto significa que un sistema de navegación cuántica puede usar los movimientos de un solo átomo para determinar con precisión el curso y la posición y mantener la precisión en un grado notable.

Comunicaciones.

Las redes de comunicación cuántica representan una revolución en seguridad, ya que ofrecen transferencia de datos prácticamente invulnerables.

Las redes cuánticas representan una nueva frontera en la transmisión de información, aprovechando los principios de la mecánica cuántica como el empleo de propiedades únicas de partículas subatómicas para el almacenamiento y la transferencia de datos.

A través de la superposición y entrelazamiento de partículas, se establece una conexión altamente segura y eficiente, capaz de superar las limitaciones de las redes clásicas.

Gracias a las propiedades cuánticas de las partículas, un mensaje no puede ser leído sin que cambie su estado. Esto se refiere a la partícula que transmite la información (normalmente un fotón). Por tanto, un hacker no puede conseguir la información sin que el emisor y el receptor lo sepan. Si alguien interceptara el mensaje, inmediatamente se sabría, impidiendo la comunicación.

Las llaves cuánticas (quatum key) son un elemento fundamental de este tipo de comunicaciones. La distribución de las mismas -denominada QKD-, se presenta como una tecnología de seguridad que envía datos cifrados en forma de bits clásicos a través de las redes, pero las claves necesarias para para descifrar la información se codifican y transmiten en un estado cuántico mediante cubits.

QKD es un sistema que distribuye de forma segura claves de números aleatorios basadas en el hecho de que la información transportada sobre sistemas cuánticos no se puede copiar sin que ésta se corrompa.

La fortaleza de los qubits desde una perspectiva de ciberseguridad es que, si un hacker intenta intervenir la comunicación, su estado cuántico colapsa a 1 o 0. Esto significa que un hacker no puede manipular los qubits sin revelar su actividad.



Computación Cuántica en el Futuro.

En un mundo donde la tecnología avanza a pasos agigantados, las Fuerza Armadas debieran explorar el potencial de la computación cuántica, considerando aplicaciones que van desde la mejora de simulaciones tácticas hasta la protección de datos.

A medida que la tecnología cuántica avanza, es probable que veamos una integración más profunda en las operaciones militares y logística, desde la planificación estratégica hasta la ejecución diaria.

La computación cuántica podría desempeñar un papel crucial en el desarrollo de sistemas logísticos inteligentes, capaces de adaptarse dinámicamente a las condiciones cambiantes.

Los vehículos autónomos podrían beneficiarse enormemente de la computación cuántica, ya que éstos necesitan procesar enormes cantidades de datos en tiempo real para navegar de manera segura.

La capacidad de estos sistemas para aprender y adaptarse podría mejorar significativamente, gracias a los avances en el procesamiento cuántico.

AAW

<https://www.redestelecom.es/comunicaciones/que-es-la-comunicacion-cuantica-el-futuro-de-las-redes/>



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 15 / 2025

Santiago, 14 de mayo de 2025

SATÉLITES CUÁNTICOS DE CHINA

Por Álvaro Aguirre. Director de Asuntos Espaciales. 10 Min. de lectura.

La comunicación cuántica se basa en los principios de la mecánica cuántica para transmitir información de manera absolutamente segura.

A diferencia de los métodos tradicionales, que pueden ser vulnerables a interceptaciones, la QKD (Distribución de claves cuánticas) utiliza propiedades cuánticas de las partículas, como los fotones, para garantizar que cualquier intento de espionaje sea detectable.

Esto se debe al teorema de no clonación, que establece que es imposible copiar un estado cuántico desconocido sin alterarlo, asegurando así la integridad de la comunicación.

El entrelazamiento cuántico es una propiedad especial descrita por la física de partículas y ocurre cuando dos partículas, como fotones (partículas individuales de luz), quedan vinculadas de tal manera que sus propiedades permanecen conectadas independientemente de la distancia que las separa.

Al medir el estado de una partícula entrelazada, automáticamente se determina el estado de su pareja, aunque esté ubicada a miles de kilómetros de distancia. Esta conexión instantánea permite transmitir información segura mediante un método llamado Distribución Cuántica de Claves (QKD), que solo se utiliza para producir y distribuir una clave, no para transmitir ningún dato.

La QKD aprovecha precisamente la propiedad del entrelazamiento para generar claves criptográficas en tiempo real. Las claves generadas se utilizan posteriormente para cifrar información con un sistema conocido como "*one-time pad*", considerado imposible de romper.

Debido a las leyes fundamentales de la física cuántica, cualquier intento de interceptar o medir estas partículas entrelazadas altera inmediatamente su estado cuántico, revelando así cualquier intento de espionaje.

Los satélites cuánticos son satélites de comunicaciones que utilizan principios de la física cuántica, como el entrelazamiento cuántico, para mejorar la seguridad y eficiencia de las comunicaciones.

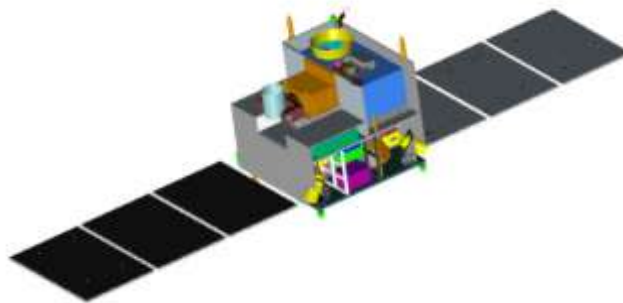
En lugar de transmitir datos convencionales, estos satélites transmiten información utilizando estados cuánticos, como fotones, que son más difíciles de interceptar y más seguros.

China se encuentra desarrollando una red global de satélites cuánticos para comunicaciones seguras, con el objetivo de lograr un servicio global en 2027. China ya ha lanzado satélites como Mozi y Jinan-1 para probar la distribución de claves cuánticas y la comunicación a grandes distancias.

Misión Mozi.

Lanzado el 15 de agosto de 2016, el satélite científico QSS (Quantum Science Satellite) Mozi (también conocido como Micius) fue pionero en la demostración de la distribución de claves cuánticas a través del espacio.

Este satélite, fue la primera nave espacial en establecer comunicaciones cuánticas entre el espacio y la Tierra mediante la creación de pares de fotones entrelazados a grandes distancias (1.203 km.) y probando los principios de la teletransportación cuántica.



Satélite QSS (CAS).

Uno de los principales objetivos de la misión, fue establecer una distribución de clave cuántica desde el satélite hasta la tierra, creando un canal cuántico de ultra largo alcance entre la tierra y el satélite con la ayuda de un sistema de adquisición, seguimiento y apuntamiento de alta precisión, implementando una QKD entre el satélite y las estaciones terrestres, y llevar a cabo experimentos de comunicación cuántica seguros e incondicionales.

La misión también generó una red de comunicación cuántica a escala global, estableciendo una red real de área amplia para la comunicación cuántica utilizando el repetidor de satélite y dos estaciones terrestres cuánticas arbitrarias y sus redes cuánticas auxiliares de fibra de área local.

Asimismo, probó la distribución de entrelazamiento cuántico desde el satélite a dos estaciones terrestres en China y en Europa, creando una red de área amplia real para la comunicación cuántica utilizando el repetidor de satélite y dos estaciones terrestres cuánticas arbitrarias y sus redes cuánticas auxiliares de fibra de área local.

La Academia Austriaca de Ciencias proporcionó los receptores ópticos para las estaciones terrestres europeas. Finalmente, el QSS logró la teletransportación cuántica desde la tierra hasta el satélite como una forma totalmente nueva de comunicación, la teletransportación cuántica es el proceso fundamental de las redes cuánticas y la computación cuántica.

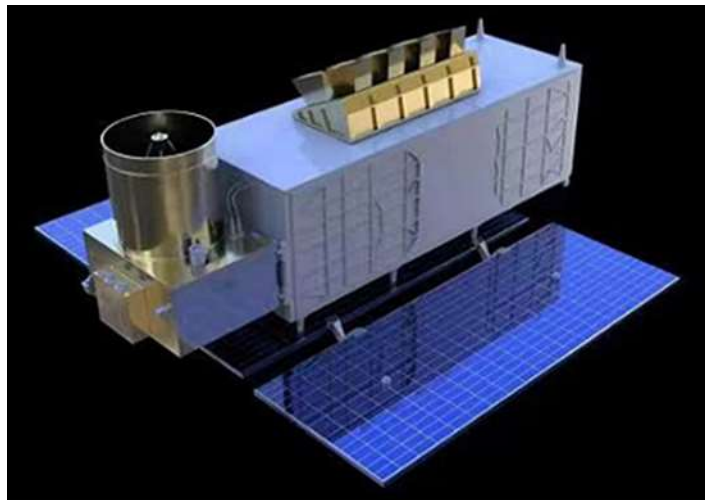
Se construyó una fuente de entrelazamiento cuántico de alta calidad en tierra para lograr experimentos de teletransportación tierra-satélite basados en el entrelazamiento de fotones.

El satélite Micius ha verificado la viabilidad de las comunicaciones cuánticas por satélite; Sin embargo, la ampliación de las constelaciones de satélites cuánticos es un reto, ya que requiere satélites pequeños y ligeros, estaciones terrestres portátiles y un intercambio seguro de claves en tiempo real.

El Satélite de Ciencia Cuántica consta de varios subsistemas diferentes: el subsistema de control de actitud, el subsistema de energía, el subsistema de control térmico, el subsistema de telemetría y comando, el subsistema de comunicaciones, el subsistema de estructura y el subsistema de limpieza.

Microsatélite Jinan-1.

El microsatélite, denominado Jinan-1, fue lanzado al espacio el 27 de julio de 2022 y ha establecido enlaces ópticos con estaciones en diversas ciudades de China y en Stellenbosch, Sudáfrica. Durante cada pasada del satélite, el sistema generó hasta 1 Mbit de claves seguras, demostrando la viabilidad de utilizar satélites como relés confiables para compartir claves y comunicaciones cifradas entre ciudades separadas por miles de kilómetros.



Jinan-1 Fuente: Chinese Academy of Sciences (CAS).

Durante los experimentos, Jinan-1 estableció enlaces ópticos con múltiples estaciones terrestres ópticas en Jinan, Hefei, Nanshan, Wuhan, Pekín, Shanghái (China) y Stellenbosch (Sudáfrica).

El satélite transmitió aproximadamente 250 millones de fotones cuánticos por segundo. Utilizando el satélite como repetidor de confianza, el equipo demostró con éxito el intercambio seguro de claves y la comunicación cifrada entre Pekín y Stellenbosch, dos ciudades separadas por 12.900 km.

Red de comunicaciones cuánticas.

China está trabajando en una red de comunicaciones cuánticas global que combine satélites con redes terrestres, buscando una cobertura completa y comunicaciones ultraseguras, con el objetivo de lograr una red de comunicación cuántica global completamente operativa con satélites de órbita alta que puedan operar durante todo el día.

China, también está construyendo estaciones terrestres compactas para la red cuántica, lo que ha permitido realizar demostraciones de comunicación entre el satélite Mozi y diversas ciudades.

Conclusión.

La comunicación cuántica ha emergido como una tecnología fundamental para garantizar la seguridad de la información en la era digital.

Se sienta una base sólida para el despliegue de una constelación de microsátélites cuánticos, brindando un apoyo técnico crucial para las redes de comunicación cuántica a gran escala y representando una enorme promesa para el despliegue global de la Internet cuántica.

Este avance permite a futuro cercano el despliegue de una constelación de microsátélites cuánticos, lo que permitiría una cobertura global de comunicaciones seguras.

La capacidad de desplegar estaciones terrestres compactas y móviles, con un peso inferior a 100 kg, facilita una implementación rápida y flexible en diversas ubicaciones, aumentando la practicidad de esta tecnología.

La integración de la comunicación cuántica en la infraestructura global representa un paso significativo hacia la protección de la información en un mundo cada vez más interconectado.

La capacidad de transmitir datos de manera segura a través de satélites compactos y estaciones terrestres móviles no solo mejora la seguridad nacional, sino que también tiene aplicaciones en sectores como las finanzas, la salud y las comunicaciones personales.

A medida que la tecnología avance y se desplieguen más satélites, es probable que la comunicación cuántica se convierta en un estándar para la transmisión de información sensible a nivel mundial.

La comunicación cuántica segura fundamental para la seguridad de la información nacional y el desarrollo socioeconómico. La QKD, un método de comunicación con una seguridad incondicional comprobada, mejora significativamente la seguridad de la transmisión de datos.

Si bien las redes de QKD basadas en fibra se han implementado a nivel regional, su aplicación práctica a largas distancias sigue limitada por la pérdida de señal y la cobertura limitada.

Los sistemas satelitales representan una solución viable mediante la comunicación en espacio libre, lo que podría permitir la QKD a escala global.

China está colaborando con otros países en proyectos de comunicaciones cuánticas, como en el caso de la conexión satelital cuántica más larga del mundo con Sudáfrica.



*Diagrama esquemático del funcionamiento de Jinan-1 en órbita.
Fuente de la imagen: Salón Mozi.*

AAW, con información de fuentes abiertas, internet,

<https://phys.org/news/2025-03-world-quantum-microsatellite-communication-multiple.html>

<https://spacenews.com/china-is-developing-a-quantum-communications-satellite-network/>

Sudáfrica y China logran una conexión cuántica satelital récord de casi 13.000 kilómetros

<https://phys.org/news/2025-03-world-quantum-microsatellite-communication-multiple.html>

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 16 / 2025

Santiago, 15 de mayo de 2025

TIERRAS RARAS



Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 10 Min. de lectura.

Las tierras raras son un grupo de 17 elementos químicos de la tabla periódica, compuestos por los 15 lantánidos, más el escandio y el itrio. A pesar de su nombre, no son particularmente escasos en la Tierra, pero suelen encontrarse dispersos y no en concentraciones fácilmente explotables, lo que dificulta su extracción.

Las propiedades químicas de las tierras raras son muy parecidas, pero no las físicas, lo que explica la especificidad de sus propiedades ópticas y magnéticas.



Tabla periódica de los elementos

The image shows a standard periodic table of elements. The lanthanide and actinide series are shown as separate rows below the main table. The lanthanides are: La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb. The actinides are: Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No.

Las tierras raras contienen una amplia aplicación en tecnología y energía, ya que poseen propiedades únicas, como alta conductividad eléctrica y magnética, lo que las hace esenciales para una amplia gama de aplicaciones tecnológicas, donde son utilizadas en la fabricación de baterías recargables, imanes de alto rendimiento, pantallas LED, turbinas eólicas y vehículos eléctrico, siendo fundamentales en la industria militar para la producción de radares y misiles guiados.

Las tierras raras son elementos con propiedades únicas que las hacen esenciales en la industria tecnológica y energética, siendo sus principales características las siguientes:

- Alta reactividad química: se combinan fácilmente con otros elementos.
- Propiedades magnéticas excepcionales: fundamentales en la fabricación de imanes de alto rendimiento.
- Buena conductividad eléctrica: utilizadas en dispositivos electrónicos avanzados.
- Brillo y fluorescencia: esenciales en pantallas LED y lámparas fluorescentes.
- Resistencia a altas temperaturas: mejoran la eficiencia de motores y turbinas.
- Dificultad de extracción y separación: suelen encontrarse dispersas en la corteza terrestre.
- Impacto ambiental significativo: su minería genera residuos tóxicos y radiactivos.

- Dificultad para reciclar: la recuperación de estos elementos es costosa y compleja.

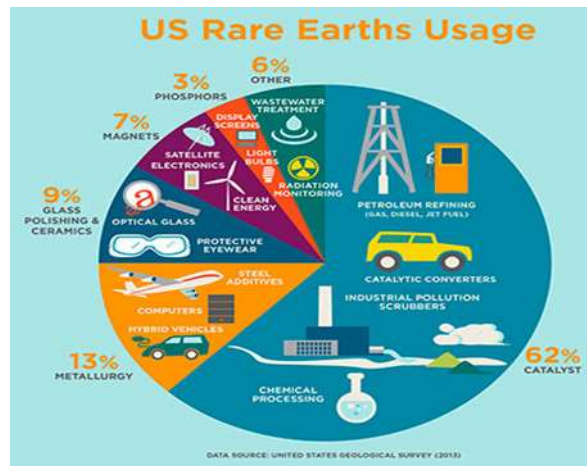
Además, cada metal del grupo de las tierras raras posee propiedades únicas las que se señalan a continuación:

- Lantano (La): Usado en baterías y vidrios ópticos.
- Cerio (Ce): Empleado en catalizadores y pulido de vidrio.
- Praseodimio (Pr): Clave en imanes de alto rendimiento.
- Neodimio (Nd): Fundamental en turbinas eólicas y motores eléctricos.
- Prometio (Pm): Utilizado en baterías nucleares.
- Samario (Sm): Componente de imanes y láseres.
- Europio (Eu): Esencial en pantallas LED y fluorescentes.
- Gadolinio (Gd): Usado en resonancia magnética y materiales superconductores.
- Terbio (Tb); Presente en pantallas de bajo consumo y sensores.
- Disprosio (Dy): Mejora el rendimiento de imanes en altas temperaturas.
- Holmio (Ho): Aplicado en láseres médicos y de corte industrial.
- Erbio (Er): Empleado en fibras ópticas y aleaciones metálicas.
- Tulio (Tm): Utilizado en dispositivos de rayos X portátiles.
- Iterbio (Yb): Aplicado en láseres y electrónica.
- Lutecio (Lu): Valioso en la detección de radiación y catálisis.
- Escandio (Sc): Empleado en aleaciones ligeras y resistentes.
- Itrio (Y): Utilizado para pantallas LED.

Las aplicaciones de las tierras raras abarcan una amplia gama de sectores, desde la electrónica y la energía renovable hasta la industria militar y la salud, gracias a sus propiedades magnéticas, ópticas y químicas únicas, estos elementos son fundamentales para el desarrollo tecnológico actual.

Su utilidad, se destaca en el campo de:

- **Electrónica y telecomunicaciones:** se utilizan en la fabricación de pantallas LED, baterías recargables, discos duros y teléfonos móviles.
- **Imanes de alto rendimiento:** claves en motores eléctricos, turbinas eólicas y vehículos eléctricos, donde mejoran la eficiencia energética.
- **Industria energética:** empleados en celdas de combustible, baterías de iones de litio y tecnologías de almacenamiento de energía.
- **Defensa y aeroespacial:** presentes en radares, misiles guiados y sistemas de comunicación avanzada.



- Medicina: Utilizados en resonancia magnética, dispositivos láser y tratamientos contra el cáncer.
- Industria automotriz: aplicados en catalizadores para reducir emisiones y mejorar el rendimiento de motores híbridos.
- Vidrio y cerámica: mejoran la resistencia térmica y óptica de lentes y materiales especializados.

Uso en Defensa.

En defensa, las tierras raras se utilizan en los sistemas de guía y control que dirigen misiles y bombas hacia sus objetivos (terbio, disprosio, samario, praseodimio y neodimio).

El misil Patriot utiliza neodimio y samario en los motores eléctricos y sus sistemas de guía por radiofrecuencia precisan de gadolinio, itrio y samario para controlar magnéticamente el flujo de señales electrónicas en radar y sonar para mantener la navegación.

El misil SideWinder, que utiliza la radiación infrarroja (actúa por búsqueda de calor), tiene imanes de tierras raras en sus aletas para controlar la trayectoria de vuelo.

Las bombas inteligentes, municiones guiadas de precisión, tipo misil de crucero Tomahawk, antibuque (ASM) y tierra-aire (SAM), así como destructores de búnker requieren disprosio, neodimio, praseodimio, samario y terbio.

El avión caza F-22 contiene itrio, terbio y erbio en sus sistemas de ópticos, de detección y fibra óptica, en un F-35 hay 400 kilogramos de metales de tierras raras.



F-35

Un submarino nuclear necesita 4 toneladas, entre ellas europio y lutecio para sus sónares activos y pasivos.

Un destructor clase Aegis-2 lleva 2,5 toneladas y láseres para la detección de minas y contramedidas. Asimismo, los motores eléctricos del futuro destructor militar guiado Zumwalt de la Armada Norteamericana requiere potentes imanes permanentes (terbio, disprosio, samario, praseodimio y neodimio).

También, hay láseres montados en vehículos, como tanques y vehículos blindados, que posibilitan identificar objetivos enemigos hasta 35 kilómetros de distancia y aumentar la probabilidad de obtener impactos directos como en el tanque Abrams (europio, neodimio, terbio e itrio). Además, el itrio se emplea en mejorar el blindaje de vehículos militares.

En los radares se utilizan al menos, europio y lutecio.

Las Fuerzas Armadas dependen de productos de alta tecnología para la comunicación entre el personal y sus equipos; como es el caso los de uso corriente que son teléfonos móviles, computadores y pantallas táctiles.

Los componentes actuales y futuros para la guerra electrónica y los radares dependen estrictamente de las tierras raras. La fuerza de las Fuerzas Armadas actuales se apoya fundamentalmente en su tecnología, siendo motivo de continua investigación y desarrollo.

Producción y Reservas de tierras raras.

Según estimaciones recientes, las reservas de tierras raras se encuentran en China (sobre 44 millones de toneladas) seguida por Brasil y Vietnam con la mitad de China, luego EE. UU. y Rusia con una tercera parte, y a continuación una serie de países que están incrementando la explotación.

En total, las provisiones mundiales se han estimado en unos 124 millones de toneladas de tierras raras (esto es, óxidos de sus elementos: acrónimo común, REO). Se estima que, sumados a los recursos por descubrir, las reservas son grandes en relación con la demanda prevista, pudiendo atenderla durante unos 900 años. Los minerales bastnasita y monacita constituyen el mayor porcentaje de los recursos de tierras raras, destacando los depósitos de monacita en Australia, Brasil, China, India, Malasia, Sudáfrica, Sri Lanka, Tailandia y EE. UU.

Se conoce que se iniciarán la explotación de minas en Groenlandia, Zambia, Canadá y Sudáfrica, pero se debe tener presente que, desde el descubrimiento de un yacimiento hasta su explotación comercial, pueden llegar a transcurrir quince años, lo que no proporciona una respuesta ágil ante posibles carestías.

Chile tiene depósitos de tierras raras, especialmente en la Región del Biobío, donde se encuentra el proyecto Módulo Penco, desarrollado por la empresa Aclara Resources, que se encuentra en el proceso de las autorizaciones respectivas.

Reservas	Nación	2019 (%)	2015	2010	2005	2000	1995
44000000	China	132.000 (61,97)	105.000	130.000	98.000	70.000	30.000
14000000	USA	26.000 (12,20)	4.100			5.000	28.700
¿?	Birmania	22.000 (10,32)					
3300000	Australia	21.000 (9,85)	10.000				3.000
8900000	India	3.000 (1,41)	1.700	2.700	2.700	2.700	2.500
12000000	Rusia	2.700 (1,27)	2.500			2.000	6.000
¿?	Madagascar	2.000 (0,94)					
1100	Tailandia	1.800 (0,84)	760		2.200		150
22000000	Brasil	1.000 (0,47)	880	950		1.400	400
22000000	Vietnam	900 (0,42)	200				
50000	Burundi	600 (0,28)					
124251100	TOTAL	213.000 (99,97)	125.140	133.250	102.900	81.100	70.750

Relación de las once mayores naciones productoras de tierras raras y sus minas en 2019 y su evolución desde 1995. Basado en datos del Mineral Commodity Summaries, U.S. Geological Survey

Conclusión.

A pesar de que, algunos de estos elementos no son “tan raros”, la mayoría de ellos son difíciles de encontrar en grandes concentraciones lo que complica el proceso de extracción y refinamiento. Por estos motivos las tierras raras son consideradas minerales críticos, cada vez más necesarios para la economía global de forma que una interrupción en la cadena de suministro podría provocar consecuencias graves.

AAW, con información de fuentes abiertas, internet.

Tierras raras: qué son, lista, características, para qué sirven y dónde están - Resumen

T038-21 Energía y Geoestrategia 2021.indd

Tierras raras: Víctimas de la "permisología" chilena que podrían ser clave en la negociación con EE.UU.



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 17 / 2025

Santiago, 20 de mayo de 2025

ESTACIÓN BHARATIYA ANTARIKSHA (BAS)

Por Álvaro Aguirre. Director de Asuntos Espaciales. 10 Min. de lectura.

Las ambiciones espaciales de la India están alcanzando nuevas alturas a medida que la Organización de Investigación Espacial de la India (ISRO) pone su mirada en la construcción de una estación espacial.

El 18 de febrero de 2024, el primer ministro de la India, Narendra Modi, informó que la India está lista para dar un salto significativo en su viaje de exploración espacial, al establecer su propia estación espacial, llamada Estación Bharatiya Antariksha (BAS), al indicar que el primer módulo de BAS estará operativo en el año 2035.

El Ministro de Estado de Ciencia y Tecnología de la Unión, Dr. Jitendra Singh, reveló que la BAS se encuentra actualmente en la fase de conceptualización. ISRO está estudiando meticulosamente la arquitectura general, incluido el número y los tipos de módulos y puertos de acoplamiento necesarios para el ambicioso proyecto



Impresión artística de la estación Bharatiya Antariksha de la India.

La Estación Bharatiya Antariksha (BAS) es la estación espacial modular planificada de la India, que será construida y operada por la Organización de Investigación Espacial de la India (ISRO).

El proyecto tiene como objetivo establecer una plataforma para llevar a cabo investigaciones y experimentos espaciales en un entorno de microgravedad.

La fecha inicial de lanzamiento del primer módulo está prevista para el año 2028, con planes operativos que se extienden hasta 2035. Representa un avance significativo en las capacidades espaciales de la India.

El objetivo principal de Estación Bharatiya Antariksha (BAS) es establecer una plataforma estable para la investigación científica avanzada y las demostraciones tecnológicas en órbita. Su objetivo es fomentar desarrollos innovadores en tecnología y ciencia espaciales, en particular porque se espera que la EEI sea desmantelada para 2030.

Será principalmente una estación espacial operada por la India, a diferencia de la EEI, que involucra a varios países. Esta independencia le permitirá a la India, agendas de investigación personalizadas y la flexibilidad para llevar a cabo proyectos que se alinean directamente con las prioridades nacionales.

¿Por qué India necesita una Estación Espacial?

La necesidad de una estación espacial en la India es importante por varias razones:

1. La presencia de la India en el espacio: Después de que Rakesh Sharma fuera enviado al espacio por la Unión Soviética en el año 1984, ningún otro ciudadano indio ha ido al espacio. Por lo tanto, es crucial que la India establezca su presencia en el espacio para avanzar como potencia mundial.
2. Tiempo limitado para la ISS: India no pudo convertirse en parte de la ISS debido a políticas pasadas. Ahora, se estima que es posible que la ISS no permanezca completamente operativa después de 2024-2025. Por lo tanto, es esencial que la India desarrolle su propia estación espacial.
3. Continuidad de la misión Gaganyaan: Tras el éxito de la misión Gaganyaan, la India necesitará una estación espacial para apoyar futuras misiones tripuladas.
4. Turismo espacial: Empresas líderes como SpaceX y Blue Origin se están enfocando en el turismo espacial, y la NASA también se ha unido a esta empresa. La India debe avanzar en este ámbito para beneficiarse de las oportunidades potenciales que el turismo espacial podría aportar en el futuro.



Maqueta de la estación espacial india BAS (Radha Krishna Kavuluru @iamkrishradha).

¿Cuáles son los beneficios específicos de BAS para la investigación y el desarrollo?

1. Investigación en microgravedad: Permitirá una amplia investigación en condiciones de microgravedad, que es crucial para los avances en medicina, productos farmacéuticos y ciencias de los materiales.
2. Desarrollo de tecnología espacial: Facilitará el desarrollo de nuevas tecnologías espaciales, incluidas aplicaciones de robótica e inteligencia artificial para la exploración espacial.
3. Estudios ambientales: Proporcionará un punto de vista único para estudiar el clima de la Tierra y los cambios ambientales, ofreciendo datos valiosos que pueden informar las iniciativas climáticas globales.
4. Oportunidades educativas: Ofrecerá oportunidades sin precedentes para que los investigadores y estudiantes indios participen directamente en la investigación espacial, mejorando los programas educativos e inspirando futuras innovaciones.
5. Colaboración internacional y prestigio: Al albergar experimentos y misiones internacionales, BAS mejorará el prestigio de la India en el escenario mundial, posicionándola como líder en tecnología e investigación espacial.

Componentes de la Estación Bharatiya Antariksha (BAS).

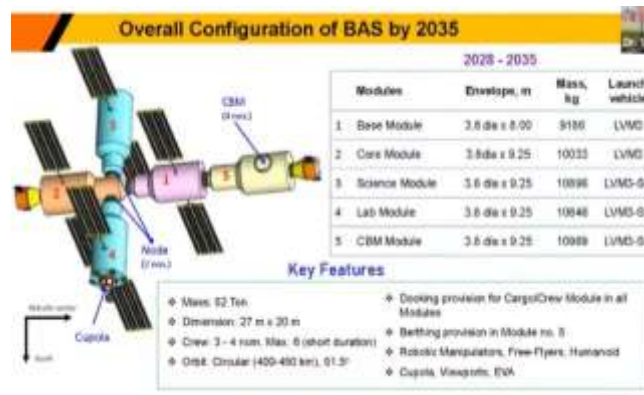
La Estación Bharatiya Antariksha (BAS) se construirá gradualmente por encima de la superficie de la Tierra, siendo más pequeña que la estación espacial china (CEEAA), y constará de cinco módulos permanentes, con una masa total de 52 toneladas y la estación estaría completa en el año 2035 y soportaría una tripulación de 3-4 astronautas para misiones que duran de 3-6 meses.

El primer módulo, BAS-1 o Módulo Base, que se tiene previsto que sea lanzado el año 2028 mediante un cohete LVM3, tendrá un diámetro de 3,8 metros y una longitud de 8 metros, y su masa será de 9,2 toneladas.

Los módulos, BAS-2 a BAS-5, serán el módulo núcleo, el módulo de ciencia, el módulo laboratorio (este último con una cúpula para visión panorámica de la Tierra) y el módulo CBM, todos con el mismo diámetro de 3,8 metros, con una longitud de 9,25 metros y una masa de entre 10 y 11 toneladas.

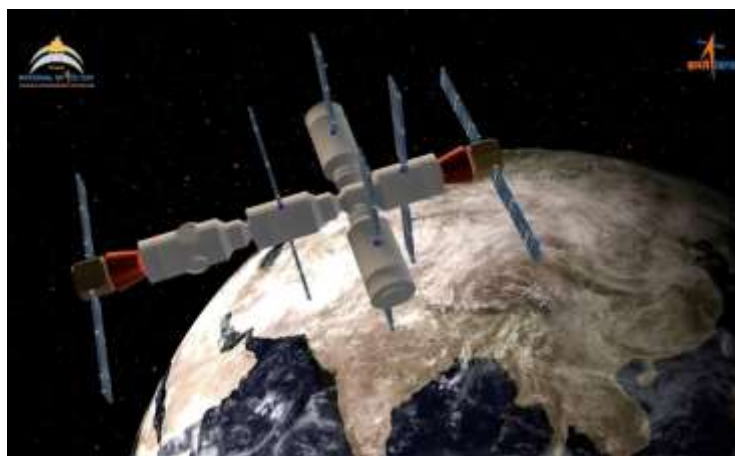
El módulo CBM (Mecanismo Común de Atrache) de la BAS incorporará puertos de atraque para permitir módulos de la EEI o naves como la Cygnus se puedan acoplar de alguna manera con la estación india.

Mantendrá una órbita de aproximadamente 400-450 kilómetros sobre la Tierra., con una inclinación de 51,6°, similar a la de la Estación Espacial Internacional, y estará en el mismo plano que la EEI, por lo que será posible usar una estación como refugio de la otra en caso de emergencia (aunque la EEI será desorbitada alrededor de 2031).



Módulos BAS. Fuente: ISRO.

Tendrá paneles solares flexibles de tipo ROSA y un sistema de acoplamiento andrógino, que sería compatible con el estándar NDS (*NASA Docking System*) empleado en el segmento estadounidense de la EEI.



Impresión artística de la configuración de 2024, con dos naves Gaganyaan atracados.

Resumen.

Este proyecto forma parte de los objetivos más amplios de exploración espacial de la India, que también incluyen la misión de vuelo espacial tripulado Gaganyaan y posibles colaboraciones futuras con agencias espaciales internacionales.

Aunque, BAS es una iniciativa de la India, servirá como un recurso vital para las colaboraciones de investigación globales, lo que permitirá a la India forjar asociaciones en condiciones que promuevan el avance científico mutuo.

Es probable que la Estación Bharatiya Antariksha (BAS) incorpore tecnologías avanzadas para el soporte vital, la medicina espacial y la vida sostenible en el espacio. Se espera que impulse innovaciones en ciencia de materiales, telecomunicaciones y otras áreas críticas para la habitabilidad espacial a largo plazo.

El establecimiento de la Estación Bharatiya Antariksha (BAS), impulsará significativamente las capacidades de la India en investigación y desarrollo, particularmente en los ámbitos de la ciencia espacial y las tecnologías conexas. Esta iniciativa marca un paso crucial en el camino de la India para convertirse en un actor central en la exploración e investigación espacial mundial.

La Estación Bharatiya Antariksha (BAS) mejora la autonomía de la India en tecnología espacial, lo que permite al país llevar a cabo investigaciones de alto nivel de forma independiente. Esta autonomía fortalece la posición geopolítica de la India al mostrar su capacidad para liderar importantes iniciativas científicas internacionales.



AAW, con información de fuentes abiertas, internet.

<https://infobae.com/america/ciencia-espacial-en-orbita-lunar-para-2040/>

[Bharatiya Antariksha Station \(BAS\): India's Space Station \(sriramsias.com\)](https://sriramsias.com/Bharatiya-Antariksha-Station-(BAS)-India-s-Space-Station/)

<https://joshstudies.com/bharatiya-antariksha-station/>



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 18 / 2025

Santiago, 22 de MAYO de 2025

EL CONVENIO DE CHICAGO

Por Victor Villalobos. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 Min. de lectura.

El Convenio sobre Aviación Civil Internacional (1944), más conocido como el Convenio de Chicago, tuvo por objetivo actualizar las normas sobre aviación. Es el tratado normativo más importante en relación con el Derecho Público Internacional Aeronáutico.



Imagen del Convenio de Chicago, 1944. Foto: OACI.

En 1944, con el final de la Segunda Guerra Mundial próximo, Estados Unidos promovió una conferencia con el fin de actualizar los acuerdos internacionales sobre aviación civil, estancados prácticamente desde la Convención de París de 1919.

La conferencia se celebró en Chicago con asistencia de 700 delegados de 52 Estados, del 1 de noviembre hasta el 7 de diciembre de 1944, que culminó con la suscripción del Convenio por 52 de ellos. En ese momento, la aviación civil estaba esperando el final de la guerra para su relanzamiento, se habían logrado grandes avances tecnológicos en la aeronáutica, el potencial económico de EE. UU. estaba en pleno auge, mientras que las grandes potencias europeas, la URSS y Japón estaban totalmente endeudadas, con una industria aeronáutica civil prácticamente destruida. Esto trajo un enfrentamiento entre EE. UU., con una posición económicamente muy fuerte que pretendía una política de libre mercado aéreo internacional, frente al resto de los países, que querían adoptar una política proteccionista para reconstruir sus industrias aeronáuticas y sus economías.

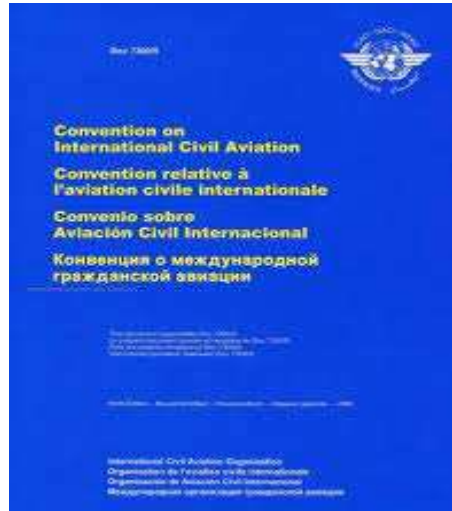
Finalmente, el convenio regulaba de manera liberal los aspectos de navegación y tráfico aéreo, junto con el tráfico aéreo sin remuneración.

El transporte aéreo oneroso quedaba al arbitrio de acuerdos bilaterales entre Estados, que serían registrados en la OACI.

Se acordó constituir un organismo permanente que continuase la tarea de la Comisión Internacional de Navegación Aérea (ICAN) creada con base en la Convención de París de 1919, llamado inicialmente Organización Provisional de Aviación Civil Internacional (OPACI), hasta que el 6 de junio de 1947 pasó a denominarse Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), una vez refrendado el convenio por 24 de los Estados miembros.

Estructura del Convenio.

El Convenio de Chicago consta actualmente de 96 artículos divididos en 4 partes y 19 Anexos.



Primera Parte.

La primera parte del Convenio de Chicago sobre Aviación Civil Internacional, abarca los artículos 1 al 42, y se enfoca en los principios fundamentales de la navegación aérea. Estos principios incluyen la soberanía del espacio aéreo, las libertades del aire, y las normas para el tránsito aéreo pacífico. El convenio establece que cada Estado tiene soberanía completa y exclusiva sobre el espacio aéreo que se encuentra sobre su territorio, y define las normas de seguridad aérea. Además, establece la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) para asegurar el cumplimiento de estas regulaciones.

Principios clave de la Primera Parte:

- Soberanía del Espacio Aéreo: Cada Estado tiene soberanía completa y exclusiva sobre el espacio aéreo que se encuentra sobre su territorio.
- Libertades del Aire: Este concepto establece los derechos de los Estados para sobrevolar y aterrizar en el territorio de otros Estados, sujeto a ciertas restricciones.
- Navegación Aérea Internacional: El convenio establece normas para el tránsito aéreo pacífico y seguro, tanto en vuelos internacionales como nacionales.
- Establecimiento de la OACI: El convenio crea la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) como el organismo encargado de desarrollar e implementar las normas y prácticas recomendadas para la aviación civil internacional.

Objetivos de la Primera Parte:

- Garantizar un tránsito aéreo seguro y pacífico a nivel mundial.
- Establecer los fundamentos legales para la navegación aérea internacional.
- Facilitar el desarrollo y la regulación de la aviación civil internacional.
- Crear una estructura de cooperación internacional para la aviación civil.

En resumen, la Primera Parte del Convenio de Chicago es la base legal que sustenta la navegación aérea internacional, estableciendo los principios fundamentales y la autoridad para la OACI en la regulación de la aviación civil.

Segunda Parte.

La segunda parte del Convenio de Chicago, comprende los artículos 43 a 55 y trata la creación de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) como organismo permanente para mantener el Convenio actualizado y ejecutar otras acciones previstas en él.

El contenido de la segunda parte del Convenio de Chicago:

- Creación de la OACI: El Convenio establece que se creará una organización permanente, la OACI, para promover la cooperación en aviación civil internacional.
- Estructura y funciones de la OACI: Se definen los órganos de la OACI, como la Asamblea, el Consejo y el secretario general, y sus respectivas responsabilidades.
- Capacidad jurídica de la OACI: Se otorga a la OACI la capacidad jurídica necesaria para el ejercicio de sus funciones en el territorio de los Estados contratantes.
- Participación en la OACI: Se establece el derecho de los Estados contratantes a participar en la Asamblea y al Consejo, y se define el procedimiento para tomar decisiones.
- Propósito de la OACI: La OACI tiene como objetivo promover la seguridad, regularidad y eficiencia de la aviación civil internacional, así como fomentar la cooperación entre los Estados.

En resumen, la segunda parte del Convenio de Chicago es fundamental para el funcionamiento de la aviación civil internacional al establecer la base para la OACI, un organismo crucial para la regulación y el desarrollo de la aviación.

Tercera Parte.

La tercera parte del Convenio de Chicago comprende los artículos 56 al 69 y se centra en el transporte aéreo internacional. Esta parte establece normas y principios sobre la regulación de los servicios aéreos internacionales, incluyendo la concesión de derechos de tráfico aéreo, la cooperación entre Estados en materia de transporte aéreo y la protección de los derechos de los operadores aéreos.

La tercera parte, es una de las partes más importantes del Convenio, ya que establece las reglas fundamentales para el funcionamiento de la aviación comercial internacional.

Aspectos clave de la tercera parte del Convenio:

- Derechos de tráfico aéreo: La tercera parte establece las bases para la concesión de derechos de tráfico aéreo, es decir, el permiso para que una aerolínea pueda operar vuelos entre dos países.
- Cooperación internacional: El Convenio promueve la cooperación entre los Estados contratantes en materia de transporte aéreo, incluyendo la coordinación de las regulaciones y la facilitación de los trámites para la navegación aérea.

- Protección de los derechos de los operadores aéreos: El Convenio reconoce los derechos de los operadores aéreos y establece mecanismos para la resolución de controversias relacionadas con el transporte aéreo internacional.
- Regulación de las tarifas y las condiciones de transporte: El Convenio establece los principios básicos para la regulación de las tarifas y las condiciones de transporte, con el objetivo de garantizar la seguridad y la transparencia en el mercado del transporte aéreo internacional.
- Seguridad de la aviación: La tercera parte también se ocupa de la seguridad de la aviación, estableciendo normas para la prevención de accidentes y la protección de los pasajeros y la tripulación.



En resumen, la tercera parte del Convenio de Chicago es esencial para el desarrollo del transporte aéreo internacional, estableciendo las bases legales y regulando las relaciones entre los Estados y los operadores aéreos.

Cuarta parte: Disposiciones Finales.

Comprende los artículos 70 a 96. Algunos temas específicos tratados en las Disposiciones Finales son:

Firma, Ratificación y Entrada en Vigor: Establece los procedimientos para que los Estados firmen, ratifiquen y hagan entrar en vigor el Convenio.

Enmiendas: Describe cómo se pueden realizar enmiendas al Convenio y los requisitos para que entren en vigor.

Denuncia: Detalla cómo los Estados pueden denunciar su adhesión al Convenio y el período de notificación.

Interpretación: Aclara cómo deben interpretarse las disposiciones del Convenio en caso de controversia.

Anexos.

Al Convenio se integran 19 anexos que contienen normas, definiciones y prácticas recomendadas, que son enmendados por la OACI periódicamente, entre los cuales podemos citar: Licencias al personal, Reglamento del aire, Aeronavegabilidad, Facilitación, Servicios de tránsito aéreo, entre otros.

El Estado de Chile recoge la normativa aeronáutica internacional (OACI) a través de su Código Aeronáutico y las Normas Aeronáuticas (DAR/DAN) emitidas por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). La DGAC se encarga de asegurar que la normativa esté alineada con los estándares y prácticas recomendados por la OACI.

La DGAC emite las DAR/DAN para regular aspectos técnicos y operacionales, garantizando la seguridad aérea. Estas Normas se basan en las normas y prácticas recomendadas de la OACI.

La DGAC utiliza otros documentos y circulares de la OACI como referencia, así como también circulares de asesoramiento de la FAA (Administración Federal de Aviación de Estados Unidos).

En resumen, la importancia del Convenio de Chicago, fue que estableció normas y principios comunes para la aviación, facilitando la cooperación entre países y la interoperabilidad de las aerolíneas.

El Convenio de Chicago es el tratado normativo más importante en Derecho Público Internacional Aeronáutico.

El Convenio de Chicago, junto con sus 19 anexos, proporciona un marco legal que evoluciona con las tecnologías y las necesidades de la industria aérea.

VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet, ICAO, Doc.7300.



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 19 / 2025

Santiago, 03 de junio de 2025

SOLICITUD DE FINANCIAMIENTO DISCRECIONAL DEL PRESIDENTE TRUMP PARA EL AÑO FISCAL 2026 DE LA NASA

Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 10 Min. de lectura.

La Casa Blanca publicó su propuesta de presupuesto federal para el año fiscal 2026, que incluye una serie de recortes drásticos en la mayoría de las áreas de gasto discrecional, incluyendo la NASA.

El presupuesto acelera la exploración espacial humana de la Luna y Marte, con una cartera de misiones fiscalmente responsable. Si se adopta según lo propuesto, la agencia espacial estadounidense se enfrenta a un recorte de financiación del 24,3 %, que la reduciría de aproximadamente 24.800 millones de dólares en el ejercicio fiscal 2025 a 18.800 millones de dólares en el ejercicio fiscal 2026.

Esta pérdida de gasto se sentirá con mayor intensidad en las divisiones de ciencias espaciales y terrestres, que registrarían pérdidas de 2.300 y 1.200 millones de dólares, respectivamente. Por otro lado, la Exploración Espacial Humana recibiría más de 7.000 millones de dólares para la exploración lunar y la introducción de 1.000 millones de dólares en nuevas inversiones para programas centrados en Marte, lo que, según la Casa Blanca, garantizará que los esfuerzos de exploración espacial humana de Estados Unidos sigan siendo incomparables, innovadores y eficientes.



El rover Perseverance y el cohete que traerá las muestras de Marte a la Tierra, imagen de la NASA.

"Esta propuesta incluye inversiones para proseguir simultáneamente con la exploración de la Luna y Marte, al tiempo que se prioriza la investigación crítica de ciencia y tecnología", dijo la administradora interina de la NASA, Janet Petro. "Agradezco el continuo apoyo del Presidente a la misión de la NASA y espero trabajar estrechamente con la administración y el Congreso para garantizar que sigamos avanzando hacia el logro de lo imposible".

Esta proposición de presupuesto del Presidente Trump está orientado a:

- Mayor compromiso con la exploración espacial humana en busca de la exploración tanto de la Luna como de Marte, al asignar más de 7.000 millones de dólares para la exploración lunar e introducir 1.000 millones de dólares en nuevas inversiones para programas centrados en Marte.
- Reorientar los recursos de ciencia y tecnología espacial para ejecutar de manera eficiente la investigación de alta prioridad. De acuerdo con la prioridad de la administración de regresar a la Luna antes que a China y enviar a un estadounidense a Marte, el presupuesto avanzará en misiones y proyectos científicos y de investigación prioritarios, poniendo fin a programas financieramente insostenibles, incluido Mars Sample Return. Lo anterior, hace hincapié en las inversiones en tecnologías espaciales transformadoras, al tiempo que se trasladan de manera responsable, los proyectos más adecuados para el liderazgo del sector privado.
- Transición del programa Artemis a un enfoque más sostenible y rentable para la exploración lunar. El cohete SLS (Sistema de Lanzamiento Espacial) y la cápsula Orion se retirarán después de Artemis III, allanando el camino para sistemas comerciales de próxima generación más rentables que respaldarán las misiones lunares posteriores de la NASA. El presupuesto también, pone fin al Programa Gateway, con la oportunidad de reutilizar componentes ya producidos para su uso en otras misiones. Se invitará a los socios internacionales a unirse a estos esfuerzos renovados, ampliando las oportunidades para una colaboración significativa en la exploración de la Luna y Marte.
- Continuar el proceso de transición de la Estación Espacial Internacional a reemplazos comerciales en 2030, centrándose en la investigación a bordo en los esfuerzos críticos para la exploración de la Luna y Marte. El presupuesto refleja la próxima transición hacia un enfoque comercial más abierto y rentable de las actividades humanas en la órbita terrestre baja mediante la reducción del tamaño de la tripulación de la estación espacial y la investigación a bordo, la preparación para el desmantelamiento seguro de la estación y su sustitución por estaciones espaciales comerciales.
- Trabajar para minimizar la duplicación de esfuerzos y administrar de manera más eficiente la asignación de los recursos financieros (dólares) de los contribuyentes estadounidenses. Este presupuesto garantiza que los ingresos de la NASA permitan una trayectoria financieramente sostenible para completar investigaciones innovadoras y ejecutar la audaz misión de la agencia.
- Concentrar los recursos de la NASA en su misión principal de exploración espacial. Este presupuesto pone fin al gasto en "aviación verde" centrado en el clima, al tiempo que protege el desarrollo de tecnologías con control de tráfico aéreo y otras aplicaciones

comerciales y del gobierno de EE. UU., lo que produce ahorros. Este presupuesto también, garantizará la eliminación continua de cualquier financiamiento hacia iniciativas DEIA desalineadas, en lugar de designar ese dinero a misiones capaces de avanzar en la misión principal de la NASA. La NASA continuará inspirando a la próxima generación de exploradores a través de emocionantes y ambiciosas misiones espaciales que demuestran el liderazgo estadounidense en el espacio.

Algunos de los programas que se vería afectados:

Programa SLS y Orion.

Se cancelaría el programa SLS/Orión después de la misión Artemisa III, esto significa que en abril de 2026 despegará Artemisa II, la primera misión tripulada del programa, que dará una vuelta alrededor de la Luna, y en 2027 se realizaría la misión Artemisa III, el primer alunizaje tripulado, en el que se empleará el módulo lunar HLS de SpaceX y posteriormente, el tándem SLS/Orión se cancelará y no habrá versión Block 1B del SLS (que debía debutar con Artemisa IV) ni más naves Orión.

La proposición de presupuesto, reserva 7.000 millones de dólares para el programa lunar tripulado, parte de los cuales, irán destinados a financiar un programa para reemplazar los vuelos del SLS y la Orión a la Luna, por sistemas comerciales que permitan misiones lunares posteriores más ambiciosas, dentro de los cuales se estima que sería el sistema Starship de SpaceX y su módulo lunar HLS, y el módulo lunar Blue Moon Mark 2 de Blue Origin.



SLS NASA

Estación espacial Gateway.

El laboratorio espacial se cancela quedando los socios internacionales como la Agencia Espacial Europea (ESA), Japón, Canadá y Emiratos Árabes Unidos con grandes problemas, ya que todos los equipos y material para este proyecto que se está construyendo, no servirán de nada.

Para la ESA es todavía mayor, considerando que la agencia europea se encarga de suministrar el módulo de servicio (ESM) de la nave Orión, una línea de montaje que ahora tendrá que abandonar.

La pérdida de Gateway también implicaría cambios en el programa del Sistema de Aterrizaje Humano (HLS) de la agencia, gestionado desde el Centro Marshall de Vuelos Espaciales de la NASA en Huntsville, Alabama. El módulo de aterrizaje Blue Ghost Mk. 2 de Blue Origin, estaba previsto que se acoplara a Gateway para recibir astronautas antes de descender a la superficie lunar en la misión Artemis V.



Módulo HALO de Gateway en las instalaciones de Northrop Grumman en Gilbert, Arizona, el 4 de abril de 2025, poco después de su llegada desde Thales Alenia Space en Turín, Italia. Fuente: NASA.

Estación Espacial Internacional.

Los recortes propuestos también, reducirían el gasto en el programa de la Estación Espacial Internacional en más de 500 millones de dólares. La Casa Blanca justifica el cambio sugerido, afirmando que facilita la transición a estaciones espaciales comerciales a las que la NASA tendría acceso como cliente.

“El Presupuesto reduce el tamaño de la tripulación de la estación espacial y la investigación a bordo, preparándose para un desmantelamiento seguro de la estación para 2030 y su reemplazo por estaciones espaciales comerciales”, escribió la Casa Blanca. “Los vuelos tripulados y de carga a la estación se reducirían significativamente. La capacidad de investigación reducida de la estación se centraría en esfuerzos cruciales para los programas de exploración de la Luna y Marte”.

No está claro cómo se vería una reducción en los vuelos tripulados y de carga. Actualmente, la NASA lanza misiones de rotación de tripulación que suelen durar unos seis meses, durante los cuales se realizan docenas de experimentos científicos a bordo de la estación orbital.

Actualmente, la Dragon de SpaceX es la única nave espacial estadounidense certificada para misiones de astronautas hacia y desde la EEI. La NASA y Boeing siguen trabajando para certificar la nave espacial CST-100 Starliner, con planes para una posible misión a finales de 2025 o principios de 2026.

Ciencia espacial.

Hay una reducción importante a la división de ciencia espacial, donde se cancela Mars Sample Return, misión de retorno de muestras del planeta rojo, ya que los objetivos se lograrán con misiones tripuladas a Marte.

Se elimina la contribución de la NASA al rover europeo Rosalind Franklin, una contribución modesta, pero crucial para la misión (que incluye los calefactores RHU a base de plutonio).

También, podría verse afectado el telescopio espacial Nancy Grace Roman, y de numerosas sondas y misiones espaciales.

Resumen.

El presupuesto reenfoca los fondos de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) para vencer a China en el regreso a la Luna por un ser humano, y poner al primer ser humano en Marte, al asignar más de \$7 mil millones para la exploración lunar e introducir \$1 mil millones en nuevas inversiones para programas enfocados en Marte

Para lograr estos objetivos, el Presupuesto racionalizaría la fuerza laboral de la NASA, los servicios de tecnología de la información, las operaciones del Centro de la NASA, el mantenimiento de las instalaciones y las actividades de construcción y cumplimiento ambiental. El presupuesto también, pone fin a múltiples misiones inasequibles y reduce la investigación de menor prioridad, lo que resulta en un programa de ciencia más eficiente, que refleja un compromiso con la responsabilidad fiscal.

Todas las propuestas en la solicitud de presupuesto del Presidente, son solo propuestas, ya que es el Congreso de los Estados Unidos en última instancia, quien determine cómo asignará los fondos para el año fiscal 2026 y si podrá aprobar un presupuesto completo o, en cambio, postergará el proceso con otra resolución continua.

AAW, adaptación con información de fuentes abiertas, internet,
[fiscal-year-2026-discretionary-budget-request-nasa-excerpts.pdf](#)
[https://spaceflightnow.com/2025/05/03/proposed](#)

[Nuevo presupuesto de la NASA: cancelado el cohete SLS y la nave Orión tras Artemisa III y mil millones para el viaje a Marte - Eureka](#)

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 20 / 2025
Santiago, 03 de junio de 2025
CHILE EN EL 64.º PERÍODO DE SESIONES DEL SUBCOMITÉ
JURÍDICO DE LA COPUOS

Por Auditora General de la Fuerza Aérea de Chile, General de Brigada Aérea (J) Paula Carrasco Bórquez. 05 Min. de lectura.

La Oficina de las Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Ultraterrestre se creó inicialmente como una pequeña unidad de expertos dentro de la Secretaría de las Naciones Unidas para prestar servicio al Comité ad hoc sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, establecido por la Asamblea General en su resolución 1348 (XIII), de 13 de diciembre de 1958.

La unidad pasó a depender del Departamento de Asuntos Políticos y del Consejo de Seguridad en 1962 y se transformó en la División de Asuntos del Espacio Ultraterrestre de dicho Departamento en 1968. En 1992, la División se transformó en la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre, perteneciente al Departamento de Asuntos Políticos. En 1993, la Oficina se trasladó a la Oficina de las Naciones Unidas en Viena, Austria. En ese momento, la Oficina también asumió la responsabilidad de los servicios sustantivos de secretaría de la Subcomisión de Asuntos Jurídicos, que anteriormente prestaba la Oficina de Asuntos Jurídicos en Nueva York.

Tratados y principios del derecho espacial.

La Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos es el foro para el desarrollo del derecho espacial internacional. La Comisión ha concertado cinco tratados internacionales y cinco conjuntos de principios sobre actividades relacionadas con el espacio. Estos cinco tratados abordan cuestiones como la no apropiación del espacio ultraterrestre por ningún país, el control de armamentos, la libertad de exploración, la responsabilidad por daños causados por objetos espaciales, la seguridad y el rescate de naves espaciales y astronautas, la prevención de interferencias perjudiciales con las actividades espaciales y el medio ambiente, la notificación y registro de las actividades espaciales, la investigación científica y la explotación de los recursos naturales en el espacio ultraterrestre y la solución de controversias.

Cada uno de los tratados destaca la idea de que el espacio ultraterrestre, las actividades que en él se realizan y los beneficios que pudieran derivarse de él deben dedicarse a mejorar el bienestar de todos los países y de la humanidad, haciendo hincapié en la promoción de la cooperación internacional.

64ª sesión del Subcomité Jurídico (LSC) de la COPUOS.

Del lunes 5 de mayo al viernes 16 de mayo de 2025, en la ciudad de Viena, Austria, el Estado de Chile se unió a delegaciones de todo el mundo para discutir cuestiones legales relacionadas con la exploración y el uso pacífico del espacio ultraterrestre y promover la cooperación espacial internacional en la 64ª sesión del Subcomité Jurídico (LSC) de la

Comisión de las Naciones Unidas sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS).

Esta comisión está presidida por Santiago Ripol Carulla, Presidente del Instituto Iberoamericano de Derecho Aeronáutico y del Espacio y de la Aviación Comercial.

Durante sus sesiones, el subcomité examina temas clave como la responsabilidad internacional, la cooperación espacial, la regulación de la actividad de los actores no estatales en el espacio, y la sostenibilidad de las actividades espaciales.

En esta versión del evento contó con la participación de la Auditora General de la Fuerza Aérea de Chile, General de Brigada Aérea (J) Paula Carrasco Bórquez, quien se presentó en el 64° período de sesiones del Subcomité de Asuntos Jurídicos del organismo.

Cabe destacar que participar de este tipo de actividades resulta relevante en el ámbito espacial nacional, pues es la única instancia de Naciones Unidas que se encarga de los usos pacíficos del espacio exterior a través del análisis de los nuevos planteamientos y propuestas de resoluciones en las áreas científico técnicas y jurídicas, además de establecer los acuerdos y propuestas que formarán parte del Informe del Comité del Espacio a ser presentado a la Asamblea General de Naciones Unidas para la generación de resoluciones o acuerdos relativos al tema espacial.

A continuación, se presenta la intervención del Estado de Chile en la 64° período de sesiones del Subcomité de Asuntos Jurídicos del organismo, por parte de la Auditora General de la Fuerza Aérea de Chile, General de Brigada Aérea (J) Paula Carrasco Bórquez.



“Señor Presidente, distinguidos delegados:

Con especial consideración me dirijo a ustedes hoy, en nombre de la delegación de Chile, para compartir los avances y la visión de nuestro Programa Espacial Nacional.

Este programa representa un paso significativo en nuestro compromiso con el desarrollo espacial pacífico y sostenible, y busca posicionar a Chile como un actor relevante en la región y a nivel global.

Nuestro Programa Espacial Nacional se centra en los siguientes aspectos.

Desarrollo de capacidades: *Estamos invirtiendo en la formación de profesionales altamente calificados, la construcción de infraestructura de vanguardia y el fomento de la investigación y la innovación en áreas clave como la observación de la Tierra, las comunicaciones satelitales y la ciencia espacial.*

A este respecto, se encuentra en actual ejecución y será inaugurado a fines del presente año, el Centro Espacial Nacional, eje esencial del Programa Espacial Nacional y del Sistema Nacional Satelital.



El Centro Espacial Nacional constituirá como espacio de colaboración para científicos, académicos y emprendedores, promoviendo el desarrollo de tecnologías espaciales y la formación de capital humano especializado.

Esta infraestructura también considera la construcción de Centros Espaciales Regionales que serán los responsables de implementar proyectos locales, asegurando la descentralización del desarrollo espacial en Chile.



Uso sostenible del espacio: *Reconocemos la importancia de utilizar el espacio ultraterrestre de manera responsable y equitativa, en beneficio de toda la humanidad. Por ello, estamos comprometidos con el cumplimiento de los tratados y principios de las Naciones Unidas relativos al espacio ultraterrestre.*

Cooperación internacional: Creemos que la colaboración es fundamental para el éxito de cualquier programa espacial. Estamos buscando activamente alianzas con organizaciones como UNOOSA y otros países, para compartir conocimientos, recursos y experiencias.

Uso sostenible del espacio

- Uso responsable y equitativo del espacio ultraterrestre

- Compromiso con tratados y principios de la ONU



Impacto socioeconómico: El programa está diseñado para generar un impacto directo en el desarrollo socioeconómico del país, por medio de la creación de aplicaciones satelitales que ayuden en la toma de decisiones en áreas como la agricultura, la gestión de desastres naturales y el monitoreo del medio ambiente.

En este contexto, la Feria Internacional del Aire y del Espacio, FIDAE 2026, que se celebrará en Santiago de Chile, será un hito importante para nuestro programa espacial. Allí, organizaremos la "Cumbre Espacial", donde profundizaremos el debate sobre los desafíos emergentes del derecho espacial y exploraremos oportunidades de cooperación regional.

Invitamos a todas las delegaciones y expertos a unirse a nosotros en FIDAE 2026, para que juntos podamos construir un futuro espacial más próspero y equitativo.

Chile reafirma su compromiso con el uso pacífico y sostenible del espacio ultraterrestre, y estamos seguros de que nuestro Programa Espacial Nacional contribuirá significativamente a este objetivo.

Gracias Sr. Presidente."



Equipo CEEA. Adaptación de la intervención de la Auditora General de la Fuerza Aérea de Chile, General de Brigada Aérea (J) Paula Carrasco Bórquez en el 64° período de sesiones del Subcomité de Asuntos Jurídicos de la Comisión de las Naciones Unidas.

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 21 / 2025

Santiago, 16 de junio de 2025

GOLDEN DOME (CÚPULA DORADA)



Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 10 Min. de lectura

El desarrollo de misiles avanzados en China, Rusia, Corea del Norte e Irán, ha generado creciente preocupación sobre las capacidades defensivas actuales de Estados Unidos, ya que estos países, han fabricados armas que desafían los sistemas de defensa estadounidenses existentes. Estas nuevas amenazas incluyen modelos balísticos modernos, misiles de crucero y misiles hipersónicos, todos los cuales requieren un enfoque defensivo completamente actualizado.

En razón de lo anterior, el presidente de Estados Unidos, Donald Trump, anunció el 20 de mayo de 2025 que busca blindar a Estados Unidos con lo que ha bautizado como “Golden Dome” o Cúpula Dorada”, donde la arquitectura del sistema ya ha sido seleccionada, y estará operativa antes del final de su mandato, y costará 175 mil millones de dólares, por lo que ha solicitado una asignación inicial de 25.000 millones de dólares para el proyecto, dentro de un presupuesto de defensa proyectado de un billón de dólares para el año 2026.



Trump aseguró que terminará de construir el "domo dorado" antes de terminar su gobierno.

Fuente: Getty Images.

Este proyecto pretende interceptar misiles balísticos intercontinentales (ICBM), armas hipersónicas y otros dispositivos lanzados por potencias como China, Rusia o Corea del Norte, Por lo cual, Golden Dome combinaría tecnologías terrestres con miles de interceptores desplegados en órbita baja terrestre. Este panorama internacional, hace necesaria la renovación del actual escudo defensivo estadounidense, considerando que las potencias rivales han concentrado esfuerzos en modernizar su arsenal, teniendo presente que China exhibe sus armas hipersónicas en desfiles militares y en conflictos actuales (India-Pakistán), mientras que Rusia ha desplegado estas tecnologías en su guerra con Ucrania.

La incorporación del Golden Dome a la infraestructura defensiva actual de Estados Unidos, conocido como Ground-Based Midcourse Defense, basado en interceptores ubicados en Alaska y California, que incluye sistemas como el Patriot o el NASAMS y despliegan un conjunto de sensores e interceptores contra amenazas convencionales, pero carecen de capacidad frente a los misiles hipersónicos, que requieren una respuesta más sofisticada, será determinante. La implementación del Golden Dome presenta desafíos técnicos extraordinarios, principalmente para tener la capacidad de interceptar misiles hipersónicos, que por su extrema velocidad y maniobrabilidad en diferentes capas atmosféricas representan un obstáculo formidable, ya que este tipo de armamento vuelan en regiones donde ninguna otra aeronave puede operar, lo que exige el desarrollo de sensores altamente especializados. La arquitectura del sistema requerirá una red global de sensores distribuidos geográficamente que cubran todas las fases de vuelo de los misiles. Esta infraestructura integrará plataformas terrestres, marítimas, aéreas y espaciales para ofrecer una visión completa de las trayectorias de las amenazas.

Golden Dome pretende proporcionar una nueva capa de protección tanto para Estados Unidos como para sus aliados, protegiendo tanto el territorio nacional como a sus aliados, mediante una red coordinada de sensores e interceptores distribuidos estratégicamente, para defenderse en particular de los misiles hipersónicos por su velocidad y su capacidad de evadir los sistemas de detección tradicionales.

Este sistema está concebido para ser capaz de neutralizar amenazas de largo alcance y proyectiles hipersónicos, y contempla la incorporación futura de armas de energía dirigida, como láseres de alta potencia.

El calendario propuesto “completar el sistema antes del final de su mandato” genera escepticismo entre los especialistas, considerando la complejidad tecnológica involucrada. No obstante, con un compromiso decidido, se podrían lograr avances sustanciales en este periodo.



El secretario de Defensa aseguró que el sistema defensivo también protegería a EE.UU. del ataque de drones. Fuente: Reuters.

Sociedad Americana de Física.

Para muchos científicos, esta visión se estrella contra los límites infranqueables de la física. Un informe de la Sociedad Americana de Física (APS), advierte que interceptar con éxito un ICBM armado nuclearmente, incluso uno solo, sigue siendo una tarea titánica no resuelta.

Según el informe de la APS, para neutralizar tan solo una decena de ICBMs lanzados desde Corea del Norte, se necesitarían más de 30.000 interceptores espaciales, una cifra que, además de astronómica, se enfrenta al hecho práctico de que hoy en día hay aproximadamente 12.000 satélites activos orbitando la Tierra.

Durante una conferencia, Frederick Lamb, físico de la Universidad de Illinois y presidente del comité que elaboró el informe, fue tajante: “La capacidad de cualquier sistema de defensa para interceptar de forma confiable estos misiles no ha sido demostrada”. Y el reto crece a medida que los países desarrollan armas más sofisticadas, diseñadas para eludir precisamente este tipo de escudos.

La Agencia de Defensa de Misiles de EE.UU. ha rechazado las conclusiones del informe de la APS, alegando que se basa en datos desactualizados. Sin embargo, físicos independientes insisten en que ninguna mejora tecnológica ha cambiado los principios básicos que rigen el espacio. “El espacio no tiene aire. Eso significa que una ojiva real viaja igual que un globo señuelo “ambos son indistinguibles a nivel de trayectoria”, explica James Wells, coautor del estudio.

Detener un misil balístico es como intentar dar en el blanco disparando otra bala... solo que esa bala viaja a 25.000 kilómetros por hora y puede llevar una cabeza nuclear capaz de borrar una ciudad entera. La comparación, ya de por sí abrumadora, se complica aún más cuando el enemigo puede lanzar decenas de misiles, acompañados por señuelos diseñados para confundir cualquier defensa.

Los expertos señalan que las tecnologías para interceptar eficazmente estos proyectiles aún están en desarrollo.

Expansión hacia el Espacio.

La expansión hacia el espacio como teatro de operaciones defensivas, representa un nuevo paradigma en la doctrina militar estadounidense, subrayado por las declaraciones del general Chance Saltzman y el Secretario de las Fuerzas Aéreas, Troy Meink.

El Escudo Dorado, refleja la adaptación necesaria de Estados Unidos al cambiante panorama de la seguridad global, demostrando la determinación de Washington para protegerse ante amenazas cada vez más sofisticadas.

La idea es tener satélites en órbita que puedan detectar misiles cuando despegan de la tierra y luego, dispararlos al comienzo de su vuelo. Este es un sistema que ya se había pensado antes. El problema es que la Tierra es muy grande y los satélites giran a su alrededor muy rápido. Para garantizar que un satélite esté en la posición correcta sobre la región correcta de la Tierra, se necesitan muchas satélites en el espacio para tenerlos en el lugar correcto en el momento correcto.

La APS principios de este año, concluyeron que se necesitaría una constelación de unos 16.000 interceptores para intentar contrarrestar una salva rápida de unos 10 misiles balísticos intercontinentales (ICBM) de propelente sólido, similares a los misiles Hwasong-18 de Corea del Norte.

La idea de tener 16.000 satélites en órbita parecía imposible hasta hace poco, pero SpaceX, ha estado construyendo la constelación de satélites Starlink que ha puesto alrededor de 7.000 satélites en órbita y tiene planes de lanzar miles más.

La constelación incluiría cientos de satélites de detección y ataque de misiles, según el informe.

En la presentación, el presidente Trump recordó que la idea de un domo defensivo de EE.UU. ya la manifestó el presidente Ronald Reagan (1981-1989) en la época de la Guerra Fría.

En la década de 1980, el presidente Reagan anunció la Iniciativa de Defensa Estratégica, que tenía como objetivo crear un sistema defensivo espacial para repeler misiles nucleares balísticos de la Unión Soviética y otras potencias adversarias.

Su gobierno invirtió miles de millones de dólares y finalmente el proyecto fue cancelado ante el aumento en su costo y los problemas tecnológicos que implicaba.

Conclusión.

Golden Dome representaría un salto tecnológico inmenso, ya que no solo pretende interceptar misiles en fases avanzadas de vuelo, sino que propone hacerlo también, durante la llamada “fase de impulso”, justo después del lanzamiento, cuando el cohete aún está ganando altitud. El problema es que esta fase dura apenas unos minutos y requeriría interceptores posicionados casi sobre las zonas de lanzamiento, algo inviable en el caso de potencias como China o Rusia. La solución, según sus defensores, sería desplegar una constelación de interceptores en el espacio, girando en órbita constante y listos para actuar en cuestión de segundos.



Golden Dome es un concepto revolucionario para promover los objetivos de paz a través de la fuerza y la visión del presidente Trump para disuadir a los adversarios de los ataques hacia Estados Unidos. Este escudo de defensa de próxima generación identificará los proyectiles entrantes, calculará la trayectoria y desplegará misiles interceptores para destruirlos en pleno vuelo, salvaguardando la patria y proyectando la fuerza estadounidense.

Es posible que esta iniciativa tenga un alto costo, existen sospechas fundadas sobre la viabilidad técnica de la solución propuesta y además, podría tener un impacto en el equilibrio estratégico entre las grandes potencias. Si yo soy inmune a los ataques del adversario entonces puedo quedar impune de mis acciones.

La interceptación de blancos que vuelan a más de 5 mach es difícil, porque a esa velocidad la superficie del misil se calienta generándose una especie de plasma que hace muy difícil el utilizar armas de energía directa y requiere de misiles de interceptación de alta precisión de guiado.

AAW, adaptación con información de fuentes abiertas, internet,

https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/presidente-estadounidense-plantea-escudo-espacialnte_25116

<https://www.infobae.com/america/mundo/2025/05/23/como-funciona-el-golden-dome-les-propuesto-por-donald-trump/>

<https://www.npr.org/2025/04/22/g-s1-61658/trump-golden-dome-america-iron-military-defense>

<https://www.bbc.com/mundo/articles/c5yxxld0wvpo>

[http://www.ceeaa.cl/documentos/articulos/A18 MISILES HIPERSONICOS.pdf](http://www.ceeaa.cl/documentos/articulos/A18_MISILES_HIPERSONICOS.pdf)



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 22 / 2025

Santiago, 25 de junio de 2025

LAS OPERACIONES DE DRONES

Por Victor Villalobos C. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 min de lectura.

En el campo de los drones, es habitual que se utilicen distintas palabras para referirse a estas aeronaves que son cada vez más empleadas para distintas aplicaciones. Por tanto, se pueden encontrar términos como UAS, UAV, RPA y RPAS, al hablar de drones como tal.

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) ha dado un paso crucial hacia la regulación de las operaciones internacionales con sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS), marcando un hito en la integración de drones en el espacio aéreo global.

¿Qué es un RPA?

El término RPA proviene del en inglés “Remotely Piloted Aircraft”, que se traduce como aeronaves tripuladas por control remoto. Esta característica es la que distingue principalmente a estos tipos de drones, ya que se requiere que sea una aeronave no tripulada que sea controlada desde una estación remota, a diferencia de otros drones que pueden ser programables y que ejecutan sus acciones de manera autónoma. Es decir, un RPA es cualquier tipo de aeronave no tripulada, que es controlada de manera remota por un piloto a cierta distancia.



¿Qué significa RPAS?

La palabra RPAS puede relacionarse con una variación del término RPA. Sin embargo, hay que resaltar que se trata de un sistema y no de un dron como tal. El término RPAS proviene del inglés “*Remotely Piloted Aircraft System*”, que se traduce como Sistema de Aeronaves tripuladas por control remoto.

Por tanto, el significado de RPAS incluye tanto a la aeronave, como al enlace de comunicaciones y la estación en tierra desde donde se controla al dron.

También, hay que hacer una distinción entre los términos RPAS y RPAs en drones, que aun cuando parezcan muy similares, no se refieren precisamente a lo mismo. Como hemos señalado previamente, RPAS (con 'S' mayúscula), se refiere al sistema formado por los distintos elementos que interfieren en el vuelo de un RPA. Mientras que el término RPAs (con 's' minúscula), se utiliza como una forma de denominar el dron o RPA en sentido plural.

¿Qué es un UAV?

Las siglas UAV significan "*Unmanned Aerial Vehicle*". Es decir, cualquier vehículo aéreo no tripulado que es controlado por un piloto o mediante un programa informático. Sin duda, es uno de los términos más comunes para hacer referencia a los drones.

Éste es un término más global, que se puede utilizar para hacer referencia a las distintas variedades de drones, debido a que incluye tanto los vehículos no tripulados programables como a los RPA. Es decir, tanto a las aeronaves tripuladas por control remoto como a aquellas que no lo son, se les puede incluir en el significado de UAV. De modo que se puede decir que los RPA son UAV, pero no todos los UAV son RPA.

¿Cuál es significado de UAS?

Es importante entender qué significa UAS y su diferencia con los demás términos.

Sus siglas provienen de la frase "*Unmanned Aerial System*", que se traduciría literalmente como Sistema aéreo no tripulado. Y si te preguntas «¿Qué es UAS en aviación?», podemos decir que estas siglas significan exactamente lo mismo, tanto en el sector de los aviones, como en el de los drones. En ambos casos, hacen referencia a una aeronave no tripulada y todos sus elementos conexos que operan sin tener un piloto a bordo.

Del mismo modo que los RPAS hacen referencia al sistema de vuelo de los RPA, los UAS se refieren al sistema que se emplea para el vuelo de un vehículo aéreo no tripulado; es decir, al sistema de vuelo de un UAV. Así que aun, cuando existe una relación entre los términos UAV y UAS, no se puede decir que significan lo mismo.

Regulación de las operaciones

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) ha avanzado hacia la regulación de las operaciones con sistemas de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS), marcando un hito en la integración de drones en el espacio aéreo global. La reciente adopción de la primera edición del Anexo 6, "Operación de Aeronaves", Parte IV, dedicada exclusivamente a las operaciones internacionales de RPAS, resalta la creciente importancia de estos sistemas en la aviación contemporánea.

Esta normativa, que entrará en vigor en noviembre de 2026, establece un marco regulatorio integral que aborda desde la certificación de operadores hasta los requisitos de aeronavegabilidad y seguridad operacional.

Requisitos para la Certificación de Operadores

Uno de los elementos centrales de las nuevas regulaciones es la creación del Certificado de Operador de RPAS (ROC), equivalente al Certificado de Operador Aéreo (AOC) utilizado en la aviación tripulada. Este certificado será esencial para cualquier operador que desee realizar operaciones internacionales con RPAS, y su obtención implicará cumplir con rigurosos requisitos técnicos y de seguridad establecidos por la OACI. Según el Anexo 6, Parte IV, el ROC no solo garantizará que los operadores cumplan con los estándares internacionales de

seguridad, sino que también asegurará que las operaciones de RPAS se realicen de manera eficiente y coordinada dentro del espacio aéreo global.

Además, la normativa establece disposiciones para la certificación de la aeronavegabilidad de los RPAS, asegurando que estos sistemas cumplan con los mismos estándares que se aplican a las aeronaves tripuladas. Esto incluye requisitos específicos para los sistemas de enlace de control y comando (C2), que son cruciales para mantener la seguridad y el control operativo de los drones durante los vuelos más allá de la línea de visión (BVLOS).

Implicaciones para las Operaciones Comerciales y Generales

La implementación de estas normativas tendrá un impacto significativo en las operaciones comerciales y generales con drones a nivel internacional. Para los operadores comerciales, el cumplimiento con los requisitos del Operador de RPAS (ROC) y la certificación de aeronavegabilidad será esencial para expandir sus operaciones transfronterizas, permitiendo nuevas oportunidades en sectores como la logística, la agricultura de precisión y la inspección de infraestructuras críticas.

Por otro lado, la regulación también aborda las operaciones generales con drones, que incluyen actividades como la fotografía aérea y la vigilancia.

A medida que estas operaciones se vuelvan más comunes, la necesidad de un marco regulatorio que garantice la seguridad y la eficiencia se vuelve cada vez más evidente. La OACI, a través de este anexo, busca establecer un equilibrio entre el desarrollo de nuevas tecnologías y la seguridad de las operaciones aéreas.

Desafíos y Oportunidades

La adopción de estas normativas también plantea desafíos significativos para los operadores y los Estados miembros. La necesidad de desarrollar capacidades regulatorias y técnicas para supervisar y certificar a los operadores de RPAS es un reto que muchos países deberán enfrentar. Además, la integración de drones en el espacio aéreo controlado, especialmente en áreas densamente pobladas, requerirá una coordinación estrecha entre los organismos de control del tráfico aéreo y los operadores de RPAS.

Sin embargo, las oportunidades que estas regulaciones ofrecen son igualmente vastas. La posibilidad de realizar operaciones internacionales con drones de manera segura y eficiente abrirá nuevas fronteras para la industria, permitiendo una mayor innovación y expansión en mercados emergentes. Además, estas normativas facilitarán la cooperación internacional en el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas operativas, impulsando a la industria de los RPAS hacia un futuro más seguro y sostenible.

Aplicaciones principales de los drones

1. Servicios de interés público.

Los drones son útiles para la captura rápida de noticias, control de fronteras, inspección de líneas de transmisión eléctrica, detección de incendios, control de derrames tóxicos, y otros servicios que benefician al público.

2. Podemos encontrar aplicaciones en la Agricultura de precisión, Topografía, Inspección de Infraestructura, Búsqueda y rescate, seguridad y vigilancia, Fotografía y aerofotografía, logística y distribución, estudios ambientales, eventos públicos, Emergencias y gestión de desastres, entre otras.

¿Cuál es la normativa vigente en Chile?

La normativa vigente en nuestro país es la DAN 151 y la DAN 91. Para el vuelo de un RPA o Drone en Chile, dependiendo del tipo de operación y según el propósito de uso, un interesado en volar RPA deberá cumplir los requisitos y procedimientos establecidos por la Normativa Aeronáutica DAN 151.

Si requiere realizar operaciones para asuntos de interés público en áreas pobladas, o bien aquellos que establece realizar operaciones sobre áreas no pobladas, debe cumplir la Normativa Aeronáutica DAN 91.



Si se requiere volar un RPAS/DRONE, en forma recreacional o privada, no se requiere una autorización de la DGAC, siempre que se den las siguientes condiciones:

- El RPAS esté fabricado con polietileno expandido, peso hasta 750 gramos, con la autorización del propietario, solo en lugares privados, que no opere a más de 50 metros de altura y el operador debe responder ante cualquier daño a terceros. Todas las entidades o personas que realicen trabajos aéreos con RPAS/Drone con fines comerciales deben cumplir las siguientes condiciones:

- Obtener el Certificado de Operador Aéreo (AOC), de acuerdo a lo especificado en la Norma Aeronáutica DAN 119, "Norma para la obtención de un certificado de operador aéreo", Capítulo D.

- Contemplar los tipos de trabajos aéreos, señalados en la DAN 137.

- El piloto debe tener su credencial de RPAS/Drones, emitida por la DGAC.

- Inscripción del RPAS/Drones en la DGAC.

En conclusión, las nuevas normativas de la OACI representan un avance significativo en la regulación de las operaciones internacionales con drones.

A medida que estas regulaciones entren en vigor, se espera que no solo mejoren la seguridad y eficiencia del sistema de navegación aérea global, sino que también, abran nuevas posibilidades para el uso de drones en diversas aplicaciones comerciales y generales. Este es un paso crucial hacia un futuro donde estos ingenios tecnológicos se conviertan en una parte integral de la aviación global, mejorando tanto la logística como la sostenibilidad de las operaciones aéreas.

La DGAC ha establecido la normativa DAN 91 y DAN 151, para la operación de drones en Chile, con el objetivo de garantizar la seguridad y el buen uso de estas aeronaves en el espacio aéreo chileno.

La actual normativa que regula el uso de drones en el espacio aéreo es la DAN 151. Esta normativa establece, entre otros puntos, que para operar un drone se debe ser mayor de edad, no se puede volar a menos de 2 km de un aeropuerto o aeródromo, ni en áreas prohibidas, como instalaciones de la FACH, áreas de incendio, o eventos masivos. Además, se necesita una autorización especial para volar de noche o en eventos masivos.

VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet, ICAO, ANEXO 6, UMILES, DGAC, DAN 151, DAN 91, DAN 119.

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 23 / 2025

Santiago, 25 de junio de 2025

OCTAVO VUELO DE PRUEBA DE STARSHIP



Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 10 Min. de lectura.

Después de finalizar la investigación sobre la pérdida de Starship en el séptimo vuelo de prueba, se realizaron varios cambios operativos y de hardware para aumentar la confiabilidad de la Starship.

El octavo vuelo de prueba del sistema Starship se realizó el día 6 de marzo de 2025, con el lanzamiento al espacio desde Boca Chica, Texas, y se centró en objetivos no alcanzados en el séptimo vuelo de prueba, entre los principales objetivos se pueden indicar los siguientes:

- Primera prueba de despliegue de carga útil de Starship, que es un paso clave hacia su futuro en misiones de transporte de satélites y exploración interplanetaria.
- Ejecución de múltiples experimentos de reentrada, diseñados para mejorar la capacidad de recuperación de la etapa superior y su eventual retorno al sitio de lanzamiento.
- Lanzamiento, regreso y captura del propulsor Super Heavy, un aspecto crucial para el objetivo de reutilización completa del sistema de lanzamiento.



La aviónica de la Starship se sometió a un rediseño completo, agregando capacidad adicional y redundancia para misiones cada vez más complejas, como la transferencia de propelente y el regreso de la nave al sitio de lanzamiento.

Durante el octavo vuelo de prueba, Starship debía desplegar cuatro simuladores Starlink, similares en tamaño a los satélites Starlink de próxima generación.

Los simuladores de Starlink estarían en la misma trayectoria suborbital que Starship y se esperaba que se destruyeran al ingresar. También, se planificó volver a encender un solo motor Raptor mientras esta en el espacio.

La prueba de vuelo incluía varios experimentos centrados en permitir que la Starship regresará al sitio de lanzamiento. Además, se eliminaron un número significativo de casillas de Starship para poner a prueba las áreas vulnerables en todo el vehículo.

Múltiples opciones de baldosas metálicas, incluida una con enfriamiento activo, probarían materiales alternativos para proteger Starship durante el reingreso.



En los lados de la nave, se instalaron versiones no estructurales de los accesorios de retención de Starship, que probarían el rendimiento térmico de los accesorios, junto con una sección de la línea de baldosas que recibe un borde suavizado y cónico, para abordar los puntos calientes observados durante la reentrada del sexto vuelo de prueba de Starship.

El perfil de reentrada de la Starship, estaba diseñado para estresar intencionalmente los límites estructurales de las aletas traseras mientras se encuentra en el punto de máxima presión dinámica de entrada.

Por último, se volverían a probar varios sensores de radar en los brazos de la torre de lanzamiento y captura, con el objetivo de aumentar la precisión en la medición de las distancias entre los brazos y un vehículo que regresa.

El propulsor Super Heavy, para este vuelo contaba con aviónica mejorada, que incluyó una computadora de vuelo más potente, una distribución de red y energía mejorada y baterías inteligentes integradas.

La planificación original, contemplaba que la Starship amarizara en el Océano Índico después de completar sus maniobras de reentrada, mientras que el Super Heavy, debía regresar a Boca Chica, donde SpaceX esperaba capturarlo con éxito y de no ser posible, el refuerzo habría amarizado en el Golfo de México como alternativa.



Super Heavy.

Se deben cumplir criterios distintos del vehículo y la plataforma antes del regreso y captura del propulsor Super Heavy, lo que requiere sistemas saludables en el propulsor y la torre y un comando manual final del Director de Vuelo de la misión. Si este comando no se envía antes de que se complete la combustión del boostback, o si las comprobaciones de estado automatizadas muestran condiciones inaceptables con el Super Heavy o la torre, el booster adoptará de forma predeterminada una trayectoria para un amerizaje suave en el Golfo de América.

El super heavy se separó sin problemas a 65 kilómetros de altitud y 4500 km/h sobre el golfo de México y regresó a la costa tejana para terminar siendo capturado con éxito por los brazos del sistema Mechazilla de la torre de lanzamiento, convirtiéndose en el tercer Super Heavy en lograr ser atrapado de un total de cuatro intentos.



Regreso del Super Heavy. Fuente: SpaceX.

Durante el regreso del super heavy redujo la velocidad supersónica, lo que provoca estampidos sónicos audibles en el área alrededor de la zona de aterrizaje. Por lo general, el único impacto para los que se encuentran en el área circundante es de un estruendo sónico, es el breve ruido de un trueno, con variables como la meteorología y la distancia desde el sitio de retorno que determinan la magnitud experimentada por los observadores.



Super Heavy siendo capturado por la torre. Fuente: SpaceX.

La Falla.

Después de la separación con el Super Heavy, la Starship continuó ascendiendo mediante sus seis motores Raptor, con el objetivo de situarse en una trayectoria suborbital, pero ocho minutos tras el despegue el vehículo comenzó a girar sin control y poco después se desintegró.

La falla se estima en una fuga de propelentes cerca de los motores centrales de la Starship, lo que provocó la explosión de uno de los tres Raptor de vacío (RVac), que a su vez causó el apagado de los tres motores centrales adaptados a nivel del mar.

El empuje asimétrico ocasionó que la nave comenzase a girar sin control. El apagado de estos cuatro Raptor tuvo lugar entre los 8 minutos y 5 segundos y los 8 minutos y 9 segundos tras el despegue. A los 9 minutos y 9 segundos se apagó un quinto Raptor coincidiendo con la pérdida de imágenes desde la Starship.



Motores de la Starship momentos antes de la falla.

Fuente: SpaceX.

A los 9 minutos y 24 segundos se apagó el último Raptor de la nave y poco después, SpaceX cortó la telemetría del vehículo en su transmisión (probablemente cuando se perdió la telemetría real). Tras alcanzar un apogeo de unos 146 kilómetros y una velocidad de 20 000 km/h, los restos de la Starship se vieron reentrando sobre las Bahamas.



Restos de la StarShip.

Conclusión.

Para SpaceX, cada prueba de Starship, independientemente de su resultado, representa un paso adelante en el desarrollo de un sistema de lanzamiento completamente reutilizable. SpaceX ya se encuentra trabajando en las modificaciones necesarias para el próximo vuelo de prueba, que buscará superar los desafíos encontrados en este vuelo octavo vuelo de prueba y acercarse aún más a la viabilidad operativa de Starship.

Las pruebas de desarrollo, por definición, son impredecibles, pero al colocar el hardware de vuelo en un entorno de vuelo con la mayor frecuencia posible, se puede aprender y ejecutar rápidamente cambios de diseño a medida que se busca poner el sistema Starship en línea como un vehículo completa y rápidamente reutilizable.

AAW, adaptación con información de fuentes abiertas, internet.

Starship explota en su octavo vuelo de prueba; SpaceX dice que es un gran aprendizaje

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 24 / 2025

Santiago, 11 de julio de 2025

“COMBATE AÉREO EN EL ESPACIO”



Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 06 Min. de lectura.

El concepto de “combate aéreo en el espacio” ya no es ciencia ficción, se está convirtiendo en una realidad estratégica, cuando, el Pentágono confirmó que satélites chinos realizaron maniobras sincronizadas en órbita baja, simulando enfrentamientos orbitales.

En marzo de 2025, el general Michael Guetlein, subdirector de operaciones espaciales de la Fuerza Espacial de Estados Unidos, reveló este escenario durante la conferencia de Programas de Defensa McAleese en Washington. “Observamos cinco objetos espaciales moviéndose dentro y fuera, uno alrededor del otro, en sincronía y bajo control”. Esto es lo que en la jerga se conoce como “dogfighting” en el espacio, un término que recuerda a los combates aéreos pero transportado a la órbita espacial.



Estas maniobras incluyeron cinco objetos espaciales, tres satélites Shiyang-24C y dos satélites Shijian-6 05A/B, que se movían en formación, acercándose y alejándose unos de otros como si se tratara de un “dogfight” orbital. Aunque, oficialmente se presentaron como pruebas científicas, su comportamiento sugiere fines militares: interceptar, capturar o neutralizar satélites enemigos.

Este tipo de combate plantea enormes desafíos: en el vacío del espacio, cada maniobra requiere combustible y precisión extrema. Además, no existen normas internacionales claras que regulen el uso de la fuerza en órbita, lo que convierte estas acciones en una peligrosa “zona gris”.

Este episodio, citado por el Modern War Institute (think tank de West Point) ilustra la rapidez con la que China, junto con Estados Unidos y otras potencias espaciales, desarrolla capacidades antisatélite. Estas tecnologías; representan un cambio estratégico profundo.

Los satélites constituyen el sistema nervioso de la guerra moderna, siendo esenciales para la inteligencia, la navegación y las comunicaciones, por lo que desactivar los satélites de un adversario podría dejarlo ciego en el campo de batalla y otorgar una ventaja decisiva en las primeras fases de un conflicto.

A diferencia de la guerra tradicional, no existe un marco legal claro que defina qué constituye una agresión en el espacio, ya que la interferencia con satélites puede presentarse como una falla técnica, una prueba o una provocación, lo que la convierte en una táctica ideal de zona gris.

El primer movimiento en un conflicto mayor podría no manifestarse como un ataque con misiles o un ciberataque, sino como una maniobra silenciosa y negable en órbita, que señale el inicio de la guerra antes de que el mundo lo perciba. Un antecedente de este tipo de acción ocurrió en febrero de 2022, cuando un ciberataque contra Viasat precedió la invasión rusa a Ucrania, dejando fuera de servicio a decenas de miles de módems en Europa y afectando las comunicaciones militares ucranianas.

Shiyan-24C.

Son satélites experimentales con fines tecnológicos y científicos avanzados. Aunque su misión oficial es de carácter civil, su diseño y comportamiento han despertado interés por su posible uso dual (civil y militar).

El propósito declarado es experimentos en ciencia y tecnología espacial, que incluyen pruebas de autodestrucción controlada, maniobras para evitar colisiones con desechos espaciales y tecnologías para reingreso seguro a la atmósfera.

Este satélite representa un paso importante en la carrera por el control del espacio cercano a la Tierra, donde la capacidad de mover o neutralizar satélites enemigos podría redefinir la seguridad espacial.

Shijian-6.

Son satélites lanzados en pares, diseñados principalmente para experimentos tecnológicos y observación del entorno espacial. Aunque su misión oficial es científica, algunos analistas creen que también, podrían tener aplicaciones en inteligencia electrónica (ELINT).



Concepto artístico del satélite Shiyan 6-03. Crédito: China's National Center for Nanoscience and Technology.

Infraestructuras orbitales.

Las infraestructuras orbitales son el conjunto de sistemas, satélites y plataformas tecnológicas que operan en el espacio para brindar servicios esenciales a la vida moderna y a la seguridad global. No se trata solo de herramientas de observación o comunicación, son parte integral de la diplomacia, la defensa y la gestión estatal contemporánea.

Estas infraestructuras incluyen:

- Satélites de comunicaciones: permiten telefonía, internet, televisión y transmisión de datos a nivel global.
- Satélites de navegación: como el GPS, Galileo o GLONASS, fundamentales para transporte, logística y operaciones militares.
- Satélites de observación terrestre: utilizados para monitoreo climático, agricultura, vigilancia ambiental y espionaje estratégico.
- Estaciones espaciales y plataformas orbitales: como la Estación Espacial Internacional, que sirven para investigación científica y experimentación en microgravedad.
- Sistemas de alerta temprana y defensa: detectan lanzamientos de misiles, movimientos militares o amenazas naturales.

Estas infraestructuras están cada vez más militarizadas y la línea entre uso civil y militar se ha vuelto difusa, donde las potencias desarrollan tecnologías para interferir, capturar o destruir satélites enemigos. Esto convierte al espacio en un nuevo teatro de confrontación, sin reglas claras ni tratados actualizados que regulen el uso de la fuerza en órbita.

Manipulación de satélites.

La manipulación de satélites, también conocida como *satellite tampering*, se refiere a cualquier interferencia deliberada con el funcionamiento de un satélite, y se ha convertido en una táctica clave en la nueva era de confrontación espacial.

Algunos tipos de manipulación pueden ser las siguientes:

- Aproximación orbital: satélites maniobrables se acercan a otros para espiar, interferir o incluso capturarlos. China, por ejemplo, ha realizado maniobras con sus satélites Shiyang y Shijian que simulan combates o acoplamientos en órbita.
- Ciberataques: para secuestrar o desactivar satélites de forma remota.
- Interferencia electromagnética: se bloquean o suplantán señales de navegación, comunicación o control, dejando al satélite “ciego” o fuera de servicio.
- Manipulación física: mediante brazos robóticos o redes, algunos satélites pueden capturar o desviar a otros. Esto ya no es ciencia ficción: misiones como *Shijian-21* han demostrado capacidad de remolque orbital.
- Láseres: para cegar sensores (dazzling).

Estas acciones pueden ejecutarse en silencio, sin generar escombros ni explosiones, lo que las hace factibles y negables.

En un momento geopolítico tenso, interrumpir satélites podría dejar ciego al adversario, cortar comunicaciones o degradar la navegación, todo sin disparar un solo tiro en la Tierra.

Además, los atacantes pueden alterar o borrar los datos de diagnóstico, dejando a los operadores sin certeza sobre si un satélite presenta una falla, ha sido comprometido o ambas cosas.

Desarrollo de tecnologías.

Las potencias espaciales están desarrollando tecnologías cada vez más sofisticadas para el combate orbital como las siguientes:

- **Satélites maniobrables:** China, EE. UU. y Rusia han desplegado satélites capaces de cambiar de órbita, acercarse a otros objetos y realizar maniobras evasivas o de intercepción. Algunos incluso pueden capturar o desactivar satélites enemigos mediante brazos robóticos o redes.
- **Armas antisatélite (ASAT) (CEEAA):** Incluyen misiles lanzados desde tierra, láseres de alta energía para cegar sensores ópticos, y sistemas de interferencia electrónica para bloquear comunicaciones o navegación GPS.
- **Inteligencia artificial en órbita:** Los satélites más avanzados ya incorporan IA para tomar decisiones autónomas en tiempo real: desde evasión de amenazas hasta selección de blancos. Esto reduce la dependencia de operadores humanos y acelera la respuesta en combate.
- **Sistemas de guerra electrónica espacial:** Permiten interferir, suplantar o bloquear señales de satélites enemigos. También se están desarrollando tecnologías para detectar estas interferencias y responder automáticamente.
- **Micro y nanosatélites:** Su pequeño tamaño los hace difíciles de detectar. Pueden actuar como enjambres para saturar defensas, espiar o incluso atacar satélites mayores.

Chile y países de América Latina.

Chile y otros países de América Latina aún no participan directamente en el desarrollo de tecnologías para el combate espacial, pero están comenzando a tomar medidas para proteger su soberanía aérea y prepararse ante amenazas emergentes.

Chile: Aunque no participa en programas espaciales militares, Chile colabora con agencias como la NASA y la ESA en monitoreo satelital y vigilancia del espacio.

América Latina.

- **Brasil** es el país más avanzado en materia espacial, con su Agencia Espacial Brasileña (AEB) y el Centro de Lanzamiento de Alcântara. Aunque su enfoque es civil, ha mostrado interés en aplicaciones duales (civiles y militares).
- **Argentina** tiene capacidades satelitales con la serie SAOCOM, útiles para observación terrestre y potencialmente para vigilancia estratégica.

- México y Colombia han comenzado a invertir en vigilancia aérea y ciberdefensa, aunque aún no tienen programas espaciales militares.

Resumen.

El espacio se ha vuelto esencial para la infraestructura crítica y las comunicaciones militares y quien controle el espacio tendrá una inmensa ventaja estratégica en las operaciones militares.

Los satélites son el sistema nervioso de la guerra moderna: sin ellos, no hay GPS, comunicaciones seguras ni vigilancia estratégica, y no existe un marco legal claro que regule estas acciones. Una maniobra hostil puede parecer una simple prueba técnica, lo que la convierte en una herramienta perfecta para la guerra en la “zona gris”.

La militarización de la órbita de la Tierra nos presenta un escenario, donde se encuentran sistemas tecnológicos silenciosos listos para neutralizarse unos a otros, generándose una nueva carrera armamentista invisible entre satélites.

Según el Modern War Institute, la proliferación de operaciones de proximidad entre satélites, tecnologías de captura y sistemas espaciales habilitados por inteligencia artificial ha transformado el espacio en un teatro de poder, donde la ausencia de normas internacionales claras y doctrinas de disuasión adecuadas deja al mundo peligrosamente expuesto a las consecuencias políticas y militares de un ataque preventivo desde el espacio.

Todo esto ocurre en un vacío legal ya que no hay tratados internacionales que regulen el uso de la fuerza en el espacio, lo que convierte cada maniobra en una posible provocación encubierta.

AAW, con información de fuentes abiertas.

<https://www.infobae.com/america/mundo/2025/06/23/que-comienza-en-silencio/>

<https://es.futuroprossimo.it/2025/03/us-space-force-5-satelliti-cinesi-simulano-combattimenti-orbitali/>

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 25 / 2025

Santiago, 30 de julio de 2025

FAA: GESTIÓN DEL TRÁFICO DE SISTEMAS DE AERONAVES NO TRIPULADAS (UTM)



Por Victor Villalobos. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 Min. de lectura.

La Gestión del Tráfico de Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (Unmanned Aircraft System Traffic Management - UTM) es un ecosistema colaborativo para la gestión segura de las operaciones de aeronaves no tripuladas a baja altitud. Este ecosistema se basa en un marco de requisitos regulatorios, capacidades técnicas y servicios interoperables para gestionar y mitigar los riesgos asociados a las operaciones con drones. Independiente de los servicios de tráfico aéreo, pero complementarios a estos, la UTM habilita funciones como la planificación de vuelos, la autorización, la vigilancia y la gestión de conflictos para mitigar riesgos y garantizar operaciones seguras y eficientes, especialmente las operaciones más allá de la línea de visión (Beyond Visual Line Of Sight, BVLOS).

La Federal Aviation Administration (FAA), con el apoyo de la NASA, continúa perfeccionando el concepto operativo, la estructura regulatoria para el reconocimiento de servicios en el Sistema Nacional del Espacio Aéreo (NAS) y los requisitos de intercambio de datos con los servicios de tránsito aéreo de la FAA. Mientras tanto, la industria continúa trabajando en estándares de consenso para el rendimiento y la interoperabilidad, enfoques de gobernanza para un intercambio de datos eficaz y el desarrollo de servicios iniciales con operadores.

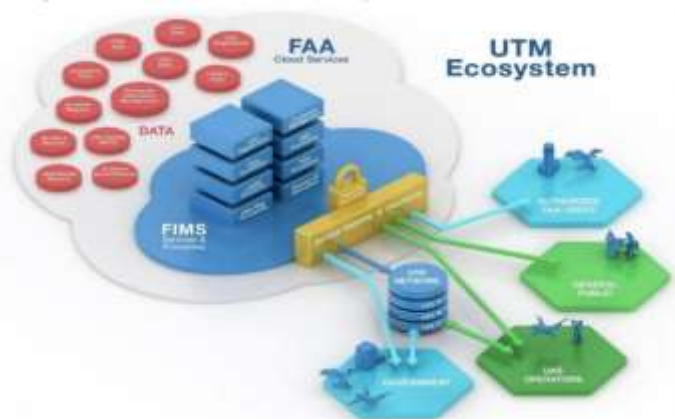


Visión de la Gestión del Tráfico de Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (UTM).

UTM es la forma en que se gestiona el espacio aéreo de forma colaborativa para permitir múltiples operaciones de drones (Beyond Visual Line Of Sight, BVLOS) donde no se proporcionan servicios de tráfico aéreo.

UTM se concibe como un ecosistema cooperativo donde los operadores de drones, los proveedores de servicios y la FAA determinan y comunican el estado del espacio aéreo en tiempo real.

A medida que el ecosistema se desarrolle, la FAA proporcionará restricciones en tiempo real a los operadores de UAS, quienes son responsables de gestionar sus operaciones de forma segura dentro de estas restricciones sin recibir servicios de control de tráfico aéreo de la FAA. El principal medio de comunicación y coordinación entre la FAA, los operadores de drones y otras partes interesadas es una red distribuida de sistemas altamente automatizados mediante interfaces de programación de aplicaciones (API), no comunicaciones de voz entre pilotos y controladores de tráfico aéreo.



Componentes claves del UTM.

Registro e Identificación: La UTM exige el registro e identificación de todos los drones en operación. A cada dron se le asigna un identificador único, lo que permite a las autoridades rastrear y administrar sus movimientos de manera efectiva.

Seguimiento en tiempo real: UTM se basa en el seguimiento en tiempo real de las posiciones de los drones. Al monitorear constantemente sus ubicaciones y rutas de vuelo, los sistemas UTM pueden garantizar que los drones eviten colisiones con otros drones y aeronaves tripuladas.

Geo-Fencing: es la creación de límites virtuales en el espacio aéreo. UTM utiliza geo-cercas para designar zonas de exclusión aérea, áreas restringidas y corredores especiales para operaciones de drones. Esto ayuda a proteger la infraestructura crítica, las ubicaciones sensibles y las áreas pobladas.

Infraestructura de comunicación: los canales de comunicación confiables y seguros son fundamentales para UTM. Los drones necesitan intercambiar datos críticos con los sistemas UTM, incluida su posición, velocidad e intención. Esta comunicación bidireccional es crucial para coordinar los movimientos de los drones.

Resolución de Conflictos Automatizada: UTM está diseñado para resolver de forma autónoma conflictos entre drones. Cuando varios drones convergen en el mismo espacio aéreo, el sistema UTM puede realizar ajustes en sus rutas de vuelo, lo que garantiza una separación segura.

Integración con la gestión del tráfico aéreo: UTM debe integrarse perfectamente con los sistemas de gestión del tráfico aéreo existentes. Esta coordinación es vital para la coexistencia segura de aeronaves tripuladas y drones en el espacio aéreo compartido.

Proceso de aprobación a corto plazo (NTAP) para servicios UTM.



La Ley de Reautorización de la FAA de 2018, PL 115-254, Sección 377, ordenó a la FAA desarrollar un proceso para permitir, autorizar o permitir el uso de Servicios UTM con base en la capacidad del servicio para mantener la seguridad y eficiencia del Sistema Nacional del Espacio Aéreo, incluyendo la gestión de riesgos para los operadores de drones. En respuesta, la oficina de Integración de UAS desarrolló el Proceso de Aprobación a Corto Plazo (NTAP), cuyo objetivo es agilizar las aprobaciones de proveedores de servicios externos. El NTAP no es un proceso de certificación. En cambio, es un proceso mediante el cual la FAA evalúa el valor de mitigación de la seguridad de un servicio, de modo que los operadores puedan recibir crédito de seguridad por su uso al solicitar exenciones o exenciones.

El equipo del NTAP revisa las propuestas de proveedores de servicios UAS UTM en red (USS) y proveedores de servicios de datos suplementarios (SDSP), que respaldan operaciones con drones hasta 122 metros sobre el terreno (AGL). Los USS con capacidad de autorización y notificación a baja altitud (LAANC) seguirán siendo gestionados por la Organización de Tráfico Aéreo de la FAA, no a través del NTAP.

La determinación de la elegibilidad de un par de Proveedor de Servicios (SP) y Operador Campeón (CO) del NTAP implica conversaciones iniciales con los candidatos y la revisión de su propuesta de concepto de uso (CONUSE), concepto de operaciones (CONOPS), acuerdo de nivel de servicio (SLA), matriz de trazabilidad de requisitos (RTM) y plan de gestión de riesgos de seguridad operacional (SRM).

El Gerente del Programa NTAP (y otras partes interesadas de la FAA, según sea necesario) evaluará la solicitud para garantizar que la operación cumpla con los criterios establecidos. Una vez que se determine que su solicitud es elegible, el siguiente paso para participar en el NTAP es firmar un Memorando de Acuerdo (MOA) con la FAA.

El personal de la FAA revisará los materiales existentes con el proveedor de servicios, utilizando los criterios de admisión que se indican a continuación. Podrían necesitarse materiales adicionales para que la FAA pueda realizar una evaluación de la Gestión de Riesgos de Seguridad (SRM) del servicio. La FAA utiliza la Matriz de Evaluación de Servicios del NTAP para garantizar que se proporcionen suficientes materiales para que pueda evaluar completamente la oferta del proveedor de servicios.



Evaluación Operacional de la UTM.

A principios de 2023, la FAA evaluó las nuevas capacidades y estándares UTM propuestos por la industria para respaldar las operaciones de drones pequeños. Estas capacidades y estándares son necesarios para respaldar operaciones cada vez más complejas, como la entrega de paquetes.

A medida que estas operaciones se vuelven más frecuentes y comienzan a ocurrir en zonas superpuestas, aumenta el riesgo de colisión entre drones, lo que resalta la necesidad de un enfoque escalable para gestionar las interacciones entre drones.

Los servicios UTM ofrecen una solución que permite a los operadores gestionar de forma colaborativa los riesgos de colisión entre drones. Los métodos tradicionales, como el registro y la revisión de Avisos a los Aviadores (NOTAM), no son adecuados para operaciones automatizadas, en particular aquellas que operan en proximidad a un ritmo operativo elevado.

La Evaluación Operacional (OE) de UTM es un consorcio de operadores de la industria y proveedores de servicios que colaboran para implementar UTM y gestionar eficazmente las operaciones BVLOS superpuestas. La FAA y la NASA colaboran con el consorcio para facilitar las operaciones rutinarias de drones de forma segura.

El consorcio ha desarrollado un enfoque de gobernanza, basado en estándares de consenso de la industria, que describe cómo los proveedores de servicios y operadores compartirán datos y gestionarán las operaciones.

También, establece principios operativos cooperativos e implementa mecanismos para la verificación del servicio mediante un sistema integral de pruebas, lo que da como resultado un marco nacional para la implementación de UTM que garantiza el acceso equitativo al espacio aéreo compartido.

La ejecución de actividades señala la primera implementación a corto plazo de las operaciones BVLOS aprovechando los servicios UTM para la coordinación estratégica, y proporciona los datos necesarios para ampliar la implementación, así como para informar la reglamentación de la FAA.

La FAA ha comenzado a emitir Cartas de Aceptación (LOA) a los proveedores de servicios de este consorcio para apoyar de forma segura los vuelos comerciales de drones fuera del alcance visual.

La LOA les permite prestar servicios a operadores de UAS, en este caso, servicios de desconexión estratégica. A medida que el UTM OE se consolida, estas capacidades se están expandiendo a más ubicaciones en todo el país, según la demanda del sector.



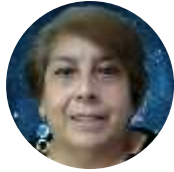
La aviación no tripulada tiene un enorme potencial de expansión, en el que el continuo avance tecnológico pone al servicio mejores aeronaves para hacer realidad las extraordinarias perspectivas de desarrollo de la industria mundial, configurando a los drones como una herramienta fundamental en los sectores de producción y servicios.

VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet, ICAOSAM, FAA, Aviationline, UAV Navegation.

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 26 / 2025

Santiago, 11 de agosto de 2025

MISIÓN CONJUNTA NASA ISRO, NISAR



Por María E. Alvarado Chávez, Ingeniero Informático | Spacely | Directora de Stellar , Diplomada Geomática Apl. (U.Cordoba-Gulich) , | Diplomada-Leyes del Espacio y Aeronáutica Remote Sensing especialista en QGIS(UTN) Tecnología Satelital, Geo.Planeta. 06 min. Lectura.

NISAR (NASA ISRO Synthetic Aperture Radar) es un satélite de observación terrestre desarrollado conjuntamente por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) y la Organización de Investigación Espacial de la India (ISRO) con una inversión estimada de 1.500 millones de USD, siendo la misión satelital más costosa en la historia de ambas agencias.

El lanzamiento se realizó exitosamente el 30 de julio de 2025 desde el Satish Dhawan Space Centre (Sriharikota, India), utilizando el cohete GSLV F16.



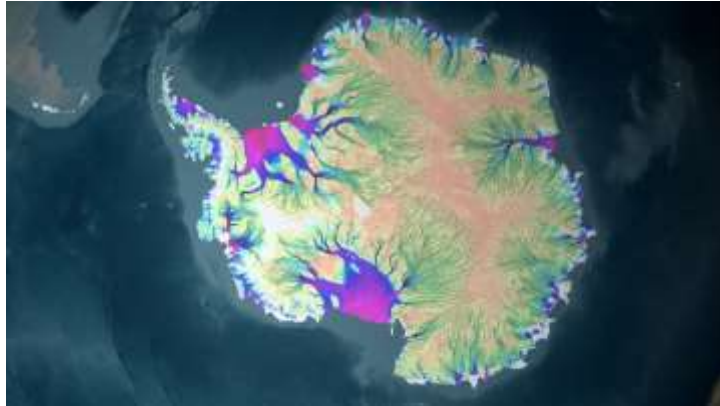
NASA & ISRO to Launch Joint NISAR Earth Observation Satellite on July 30 for Global Environmental

Esta misión está equipada con radares dual-frequency (banda L de NASA y banda S de ISRO), NISAR puede generar imágenes de alta resolución en modo día-noche y condiciones meteorológicas adversas con repetición global cada 12 días, desde una órbita heliosíncrona a 743 kilómetros de altitud, y comenzará su fase científica completa unos tres meses después del lanzamiento, tras los chequeos iniciales.

La misión tiene como objetivos científicos principales:

- Monitorización de cambios en ecosistemas y biomasa forestal.

- Detección de desastres naturales como terremotos, deslizamientos, erupciones volcánicas e inundaciones.
- Seguimiento de débil movimiento del terreno, derretimiento de glaciares y dinámica de las capas de hielo.



NISAR podrá medir con detalle el movimiento del hielo en la Antártida (mostrado en este mapa a color). Crédito: Estudio de Visualización Científica del Centro de Vuelo Espacial Goddard de la NASA.

Este proyecto representa un hito en la cooperación espacial entre India y Estados Unidos, destacándose por su innovación tecnológica y aporte global en la gestión del cambio climático y riesgos naturales.

La inversión de India de 788 millones de Rupias, en la misión conjunta NISAR no es solo un aporte económico, sino una estrategia de desarrollo científico y tecnológico con impactos globales y nacionales.

Con una longitud 5,5 metros y de un peso aproximado de 2.380 kilos, el cuerpo principal de NISAR contiene una carga útil de doble radar: un sistema de banda L con una longitud de onda de 25 centímetros y un sistema de banda S con una longitud de onda de 10 centímetros.

Cada sistema es sensible a características del suelo y el hielo de diferentes tamaños y se especializa en la detección de ciertos atributos, como el contenido de humedad, la rugosidad de la superficie y el movimiento.

Al incluir ambos radares en una nave espacial, NISAR tendrá más capacidades que las misiones anteriores con SAR.

Estos dos radares, uno de la NASA y otro de la ISRO, y los datos que producirán, son un ejemplo de cómo la colaboración entre aliados de la navegación espacial puede lograr más de lo que cada uno lograría por sí solo.

Los radares generarán alrededor de 80 terabytes de productos de datos por día en el transcurso de la misión principal de NISAR. Eso es, más o menos, suficiente información para llenar alrededor de 150 discos duros, cada uno de 512 gigabytes, al día. La información será procesada, almacenada y distribuida por medio de la nube, y será accesible para todos.

Características de la antena de NISAR



Concepto digital que muestra el satélite NISAR en órbita sobre el centro y el norte de California. Fuente: NASA/JPL-Caltech.

La antena de NISAR es uno de los componentes más innovadores y avanzados jamás lanzados:

- Tipo: Antena de radar de apertura sintética (SAR) de banda dual: banda L (NASA) y banda S (ISRO).
- Diámetro: 12 metros (antena desplegable de malla de carbono).
- Material: Fibra de carbono ultraligera con estructura desplegable tipo paraguas, diseñada por Northrop Grumman.
- Tecnología: Permite capturar imágenes de alta resolución a través de nubes, en condiciones de oscuridad, y con revisita frecuente (cada 12 días por punto).
- Capacidad: Puede detectar desplazamientos del terreno de solo centímetros o incluso milímetros, en áreas amplias, lo cual es esencial para monitorear actividad sísmica o derretimiento de hielo.



NISAR durante el proceso de pre lanzamiento

Lanzador GSLV F16

El GSLV F-16 fue el decimoctavo vuelo del GSLV y el duodécimo de la variante MkII con motor criogénico (CE) autóctono. Fue el primer vuelo del GSLV a la órbita polar sincrónica solar (SSPO).

El Vehículo de Lanzamiento de Satélites Geosíncronicos Mark II (GSLV Mk II) es un vehículo de lanzamiento desarrollado por India para el lanzamiento de satélites de comunicación en órbita de transferencia geostacionaria mediante una tercera etapa criogénica.

Inicialmente, se utilizaron etapas criogénicas suministradas por GK ruso. Posteriormente, la etapa criogénica se desarrolló localmente y se incorporó en enero de 2014, a partir del GSLV D5.

Este vehículo de lanzamiento operativo de cuarta generación consta de tres etapas con cuatro componentes líquidos acoplados.

La Etapa Superior Criogénica (CUS), desarrollada localmente y probada en vuelo, constituye la tercera etapa del GSLV Mk II.

Importancia y Beneficios Estratégicos de la Misión NISAR

La misión NISAR representa un avance sin precedentes en la observación de la Tierra, con impactos directos en la gestión ambiental, la seguridad alimentaria y la cooperación científica internacional.

Esta iniciativa conjunta entre la NASA y la agencia espacial india ISRO combina tecnología de radar de doble banda (banda L y banda S) para generar imágenes de alta resolución del planeta, incluso en condiciones climáticas adversas o durante la noche.

Entre sus beneficios estratégicos más relevantes, destaca su capacidad para detectar de forma temprana fenómenos naturales como terremotos, deslizamientos e inundaciones, lo que permitirá respuestas rápidas y efectivas que protejan vidas humanas e infraestructura crítica.

En el ámbito agrícola, proporcionará información detallada sobre la humedad del suelo y la salud de los cultivos, contribuyendo así a una gestión más eficiente del agua y a mejorar la seguridad alimentaria frente a eventos extremos como la sequía.

Además, el seguimiento constante de glaciares, bosques y humedales reforzará los esfuerzos globales de adaptación al cambio climático, aportando datos esenciales para entender la evolución de ecosistemas sensibles.

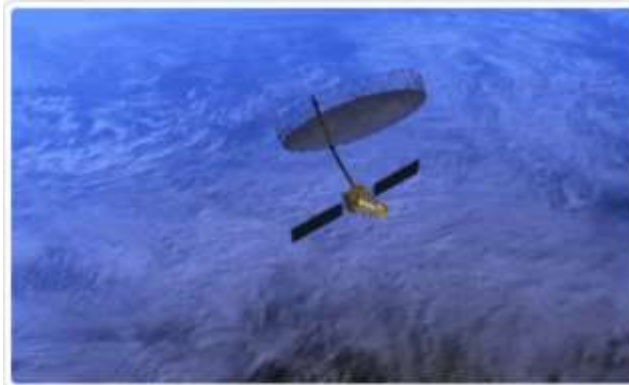
Desde una perspectiva tecnológica, la misión fortalece las capacidades autónomas de ISRO gracias al desarrollo y operación de radares de alta precisión, posicionando a India como líder en ciencia y tecnología espacial.

Un aspecto destacable es que todos los datos recolectados por NISAR estarán disponibles de forma gratuita para la comunidad científica global, promoviendo la colaboración y el acceso equitativo a información estratégica.

Un símbolo de colaboración internacional

La misión NISAR representa una alianza sólida entre ISRO y NASA, basada en cooperación técnica de largo plazo y confianza mutua. Esta colaboración:

- Demuestra el liderazgo de India en tecnología espacial avanzada.
- Promueve futuras misiones conjuntas de alta complejidad.
- Consolida la posición de India en la observación terrestre a escala global.



NISAR. Fuente: India Today

NISAR no solo es una misión científica, sino un símbolo del compromiso global con la comprensión de un planeta en constante cambio. Con capacidades inéditas y aplicaciones prácticas en múltiples sectores, se espera que sus aportes superen ampliamente su inversión inicial.

India, como país líder en el lanzamiento, se convierte en referente en innovación climática, gestión de datos remotos y diplomacia científica.

Esta misión marca un hito en la historia de la ciencia espacial india y una contribución invaluable al conocimiento planetario compartido.

<https://timesofindia.indiatimes.com/science/nasa-isro-1-5-billion-joint-satellite-nisar-it>

<https://www.nasa.gov/news-release/nasa-isro-satellite-lifts-off-to-track-earths-changing-surfaces/>



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 27 / 2025

Santiago, 13 de agosto de 2025

TELESCOPIO ESPACIAL SPHEREx

Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 06 Min. de lectura.

El telescopio espacial de la NASA, SPHEREx (Espectrofotómetro para la Historia del Universo, la Época de la Reionización y el Explorador de Hielos) que fue lanzado al espacio por un cohete Falcon 9 de SpaceX el día 11 de marzo de 2025, es una misión planificada de dos años que estudiará el cielo en luz óptica e infrarroja cercana, sirviendo como una poderosa herramienta para responder preguntas cósmicas. Los astrónomos utilizarán la misión para recopilar datos sobre más de 450 millones de galaxias, así como sobre más de 100 millones de estrellas en nuestra propia Vía Láctea.

Después de su lanzamiento SPHEREx, pasó seis semanas realizando comprobaciones, calibraciones y otras actividades para garantizar su correcto funcionamiento, y el 1 de mayo, la nave espacial inició sus operaciones científicas regulares, que consisten en tomar unas 3.600 imágenes diarias durante los próximos dos años para proporcionar nuevos conocimientos sobre el origen del universo, las galaxias y los ingredientes de la vida en la Vía Láctea.

SPHEREx estudiará cientos de millones de galaxias cercanas y lejanas, algunas tan distantes que su luz ha tardado 10.000 millones de años en llegar a la Tierra.



Concepto artístico de SPHEREx en órbita terrestre. Crédito: NASA/JPL-Caltech

En la Vía Láctea, la misión buscará agua y moléculas orgánicas -esenciales para la vida, tal y como la conocemos- en viveros estelares, regiones donde las estrellas nacen del gas y el polvo, así como discos alrededor de las estrellas donde podrían estar formándose nuevos planetas.

Cada seis meses, SPHEREx estudiará todo el cielo utilizando tecnologías adaptadas de los satélites terrestres y las naves espaciales interplanetarias. La misión creará un mapa de todo el cielo en 102 bandas de color diferentes, superando con creces la resolución de color de los mapas anteriores de todo el cielo.

También, identificará objetivos para un estudio más detallado de futuras misiones, como el Telescopio Espacial James Webb de la NASA y el Telescopio de Sondeo Infrarrojo de Campo Amplio.

Objetivos de SPHEREx.

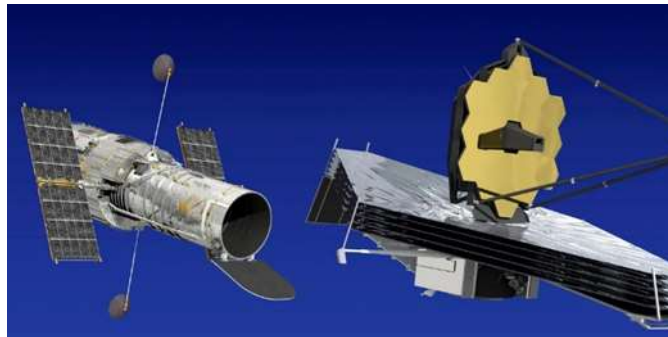
La misión contribuye a los objetivos científicos clave de la NASA para descubrir los secretos del universo y buscar vida más allá de la Tierra.

Menos de un segundo después del Big Bang (la primera milmillonésima de billonésima de billonésima de segundo) el espacio mismo aumentó de tamaño en un billón de billones de veces. La misión SPHEREx, ayudará a los científicos a comprender la física que impulsó este evento casi instantáneo, llamado inflación. Pequeñas diferencias en la distribución de la materia fueron amplificadas por la inflación, influyendo en la estructura a gran escala del universo actual.

El observatorio SPHEREx, medirá la distribución de cientos de millones de galaxias para ayudar a los científicos a comprender qué impulsó la inflación y mejorar nuestra comprensión de la física detrás de este evento cósmico extremo.

El mapeo de todo el cielo ayudará a los científicos a responder importantes preguntas sobre por qué la estructura a gran escala del universo se ve de la manera en que lo hace, cómo se forman y evolucionan las galaxias, y los orígenes y la abundancia de agua y otros ingredientes clave para la vida en nuestra galaxia.

La capacidad de la misión para escanear todo el cielo rápidamente y recopilar datos sobre miles de millones de estrellas y galaxias complementa el trabajo de telescopios más específicos, como los telescopios espaciales Hubble y Webb de la NASA.



Telescopios espaciales Hubble y Webb de la NASA.



Fuente: Digital trends.

Si bien esos telescopios pueden proporcionar una visión más detallada de un objetivo determinado, los telescopios de rastreo como SPHEREx proporcionan un contexto más amplio y buscan tendencias en categorías enteras de objetos, incluidas estrellas y galaxias.

Usando una técnica llamada espectroscopia, el telescopio divide la luz en 102 colores (longitudes de onda individuales) como un prisma, crea un arcoíris a partir de la luz solar, esto le permite detectar evidencia de compuestos químicos y moléculas, cada uno de los cuales tiene una firma única en los colores que absorbe y emite.

La espectroscopia también puede ayudar a los científicos a medir la distancia a la que se encuentran los objetos, lo que la hace ideal para estudiar galaxias distantes y mapear sus ubicaciones en 3D. Además, este telescopio espacial medirá el resplandor total de todas las galaxias, incluidas las galaxias que son demasiado pequeñas o demasiado distantes para que otros telescopios las detecten fácilmente. Esto dará a los científicos una imagen más completa de todos los objetos y fuentes que irradian en el universo.

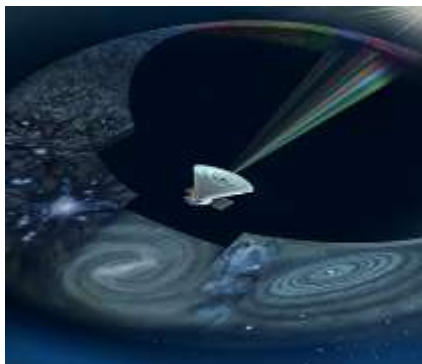
El observatorio SPHEREx está diseñado para encontrar moléculas de agua y dióxido de carbono congeladas en las nubes interestelares donde se forman las estrellas y los planetas. La misión ayudará a los científicos a descubrir la ubicación y la abundancia de estos compuestos helados en nuestra galaxia, dándoles una mejor idea de la probabilidad de que se incorporen a los planetas recién formados.

Las nubes moleculares como esta, llamada Rho Ophiuchi, son acumulaciones de gas frío y polvo en el espacio donde pueden formarse estrellas y planetas. SPHEREx estudiará estas regiones en toda la Vía Láctea para medir la abundancia de hielo de agua y otras moléculas congeladas.

Crédito: NASA/JPL-Caltech.

El telescopio y los detectores de la misión deben operar a unos 210 grados Celsius bajo cero, para evitar su propio resplandor infrarrojo que podría abrumar la tenue luz de las fuentes cósmicas, para lo cual, SPHEREx se basa en un sistema de refrigeración totalmente pasivo, ya que no se utiliza electricidad ni refrigerantes, simplificando el diseño y las necesidades operativas de la nave espacial.

Los componentes clave de este sistema incluyen tres escudos de fotones en forma de cono para proteger el telescopio del calor de la Tierra y el Sol, así como una estructura de espejo debajo de los escudos para dirigir el calor del instrumento al espacio



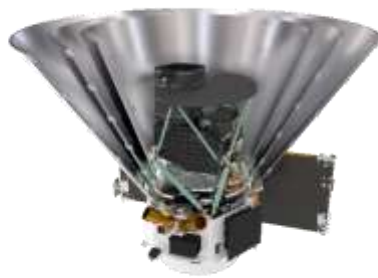
Concepto artístico de SPHEREx. Crédito: NASA/JPL Caltech.

Características de SPHEREx

El observatorio SPHEREx es un telescopio de aluminio de gran campo. La óptica se enfría de forma pasiva irradiando calor al espacio mediante un sistema de ranuras en V de 3 etapas. Una serie de tres escudos de fotones cónicos anidados protegen el enfriador y la óptica de la radiación solar y terrestre.

SPHEREx tiene un diámetro efectivo de 20 cm y un campo de visión de $11^\circ \times 3,5^\circ$. El plano focal se divide con un dicróico en tres conjuntos de detectores de longitud de onda corta y tres de longitud de onda larga.

Dos conjuntos de plano focal (FPA) obtienen imágenes simultáneas del cielo a través de un divisor de haz dicróico.



Esta óptica especializada se comporta como un espejo a longitudes de onda cortas y una ventana a longitudes de onda largas.

Cada FPA contiene tres matrices de detectores de $2K \times 2K$ colocadas detrás de un conjunto de filtros variables lineales, que proporcionan una respuesta de banda estrecha con un centro de banda que varía a lo largo de un eje de la matriz.

SPHEREx obtiene espectros a través de múltiples exposiciones, colocando una fuente dada en múltiples posiciones en el campo de visión, donde se mide en múltiples longitudes de onda reorientando la nave espacial.

Resumen.

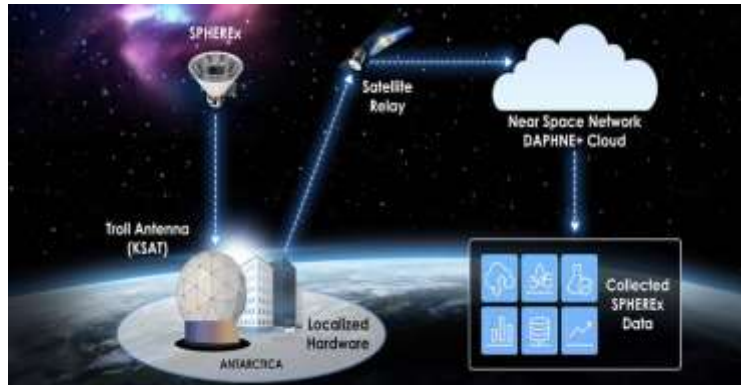
Los tres objetivos principales de SPHEREx son explorar los orígenes del agua y las moléculas orgánicas en los sistemas planetarios, la historia de la formación de galaxias y los mecanismos detrás de la inflación cósmica, el "estallido" en el Big Bang que puso en movimiento nuestro universo.

La misión mapeará el cielo cuatro veces durante un período de dos años, capturando información espectral detallada para cada punto, o píxel, en el cielo. Para cada punto, observará luz infrarroja en un arco iris de 102 colores, con una longitud de onda que oscila entre 0,75 y 5 micras.

La misión generará una nueva enciclopedia de información sobre cientos de millones de objetos celestes, incluidas estrellas, galaxias e incluso asteroides en nuestro propio sistema solar, la mayoría de los cuales no se han estudiado antes con espectroscopia.

Los investigadores podrán acceder al enorme tesoro de nuevos datos cósmicos de esta misión desde cualquier parte del mundo.

Actualmente está cartografiando todo el cielo, no solo una gran parte, para trazar la posición de cientos de millones de galaxias en 3D y responder a importantes preguntas sobre el universo.



La Nasa cuenta con la empresa Kongsberg Satellite Services (KSAT) para apoyar la transferencia de datos de la misión SPHEREx (Espectrofotómetro para la Historia del Universo, Época de Reionización y Explorador de Hielos) de la agencia, cuyo objetivo es explorar los orígenes del universo. Fuente: Actualidad Aeroespacial.

AAW, con información de fuentes abiertas.

<https://ciencia.nasa.gov/universo/seis-datos-que-debes-saber-sobre-spherex-el-telescopio-espacial-mas-reciente-de-la-nasa/>

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 28 / 2025

Santiago, 18 de agosto de 2025

INTERNET SATELITAL: DEMOCRACIA, PLUTOCRACIA, Y SEGURIDAD



Por Dr. Pablo Zambrano. Periodista y Cientista Político. Investigador Asociado del CEEA.
06 Min. de lectura

Desde que surgió, internet satelital fue bienvenido porque permitiría cerrar la brecha de acceso en lugares geográficamente aislados y, sobre todo, porque sería un poderoso aliado de la libertad de expresión, especialmente para los disidentes de regímenes autocráticos. Por ejemplo, después de los bombardeos israelíes de junio, la República Islámica de Irán restringió a la población el acceso a internet. Acto seguido, el siempre polémico Elon Musk activó su servicio de Starlink en ese país.

La pregunta que queda en el aire, sin embargo, es qué hubiese pasado si Musk fuese musulmán, o si tuviese vínculos comerciales con los líderes de la teocracia, ¿habría suministrado internet? Independiente de la respuesta, el problema de fondo radica en la alta concentración del mercado de internet satelital, controlado por unos pocos billonarios con la capacidad de proveer el servicio a su discreción. Este oligopolio satelital nos invita a cuestionar el sistema de vigente asignación de órbitas, ya que, además de las críticas por cuestiones de justicia distributiva, hoy también está en juego la libertad.

Internet Satelital y las Relaciones Internacionales

Si bien existe la idea que internet es inmaterial, que existe ‘en la nube’, previó a internet satelital la arquitectura de internet se basaba exclusivamente en una incuantificable red de cables submarinos y terrestres, y un sin fin de centros de datos y servidores que permitían la transmisión de datos. La dependencia de hardware implica, por un lado, que es difícil proveer el servicio en zonas remotas, como islas o montañas.

En 2021 se estimaba que más de 2.900 millones de personas en el mundo todavía no tienen acceso a internet, la mayoría de ellas en áreas rurales.⁴⁷ Por otro lado, la infraestructura física facilitaba a los estados regular quién accedía a internet, y regular el contenido por el que podían navegar, como lo hacen los gobiernos cubano y chino. La llegada de internet satelital de órbita baja (LEO) cambió el escenario, ya que permite acceder a internet sin intermediarios (estatales).

⁴⁷ <https://www.itu.int/es/mediacentre/Pages/PR-2021-11-29-FactsFigures.aspx>



Internet satelital funciona mediante una red de satélites que proveen el servicio a través de señales de radio. Existen dos modelos o sistemas. El 'tradicional' opera con satélites geoestacionarios, los que cubren vastas áreas geográficas, pero que, debido a encontrarse en órbitas de gran altura, tienen la desventaja de una latencia alta. El modelo 'moderno', como Starlink, consiste en una red o 'constelación' de pequeños satélites en órbitas de baja altura, cada uno de los cuales cubre un área menor, pero con una latencia significativamente más baja.

Internet satelital permite saltarse muchas barreras físicas, pero el acceso sigue dependiendo de hardware. Para acceder a la red de Starlink, por ejemplo, los clientes deben comprar el kit de hardware, que incluye antena (autónoma y motorizada), router, y cables, entre otros. El tamaño y características del kit depende del modelo -standard, mini, o business. Luego se requiere instalar la aplicación de la compañía en un smartphone, y activar el servicio. Es decir, no es internet abierto para las masas, sino para quienes pueden costearlo. Todo ello implica que el proveedor de internet puede controlar quién, cuándo, y para qué lo utiliza.

Como mencioné antes, Musk facilitó internet durante la escalada militar entre Israel e Irán en junio de este año. Previamente, en 2022, hizo lo mismo durante las protestas de por la muerte de Mahsa Amini a manos de la policía iraní. En ambos casos el servicio fue utilizado en pos de la libertad. Pero no siempre ha sido así. Por ejemplo, Rusia preparó su invasión a Ucrania con realizando ciberataques al sistema Viasat de ese país. La respuesta de Musk fue la misma que con Irán. Así, Starlink se convirtió en un recurso indispensable para la contraofensiva ucraniana, proveyendo a las fuerzas armadas comunicaciones seguras. No obstante, a los pocos meses las fuerzas ucranianas reportaron cortes en el frente, especialmente al avanzar hacia territorio ocupado por Rusia. Es más, en octubre de 2022 Musk sugirió que podría retirar o disminuir el apoyo, debido a los altos costos operativos.



El acceso a internet es clave para ejercer la libertad de expresión, pero también para las comunicaciones en tiempos de guerra. La privatización de internet pone en riesgo libertad y la capacidad de respuesta de las fuerzas armadas. Si un proveedor puede restringir, limitar o desconectar unilateralmente el servicio, por las razones que sean, comunidades enteras o incluso países pueden quedar silenciados globalmente. Esto reduce la autonomía de los estados sobre el espacio digital. Pero, más significativo aún, esto conduce a las relaciones internacionales, tanto a la disciplina académica como a la práctica entre estados, a terra ignota, ya que por primera vez en la historia un individuo privado tiene la capacidad de influir, decisivamente incluso, en las relaciones entre estados y conflictos bélicos. Por esto, hay quienes sostienen que los estados comenzaran a crear su propia constelación de satélites, para mantener el control de las comunicaciones.⁴⁸ Esto lleva al problema de distribución de órbitas satelitales.

La UIT y la 'Soberanía Orbital'

Las órbitas son asignadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), una organización internacional no gubernamental fundada por iniciativa de Napoleón III en 1865, con el nombre de Unión Telegráfica Internacional. La UIT asigna órbitas por orden de llegada (first come, first served), por tiempo indefinido. Cabe destacar que la UIT no opera por consenso ni tiene facultades coercitivas para sancionar infracciones. Hasta 2009, las franjas orbitales se asignaban sin tasas ni costos asociados, y los servicios de la UIT se ofrecían gratuitamente a los Estados miembros. Hoy cobra una tarifa que oscila entre cientos y decenas de miles de euros.



⁴⁸ <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/13540661241260653>

Indudablemente el mecanismo de asignación favorece a las naciones desarrolladas: de los 4.550 satélites en órbita, 2.804 están registrados en agencias o empresas relacionadas con Estados Unidos, 467 en China, 349 en el Reino Unido, 168 en Rusia y 93 en Japón. Es decir, tres de los actores espaciales más antiguos, Estados Unidos, Rusia y el Reino Unido, controlan el 75% de los satélites operativos.⁴⁹ Esto claramente implica problemas de justicia distributiva, ya que los beneficios derivados de la actividad espacial se concentran en pocos actores. Pero también, profundiza el desbalance de poder entre naciones, puesto que muy pocos estados podrían financiar la creación de una constelación satelital para mantener el control de las comunicaciones.

En mi opinión, una de las alternativas que pueden seguir países pequeños como el nuestro es promover un cambio en el sistema de asignación de órbitas. Específicamente, se debiesen incluir criterios que impidan la concentración del mercado. La justificación de esto no depende de derechos o reclamos soberanos, sino en teoría económica básica. Los oligopolios son rechazados ya que reducen la competencia, maximizan la acumulación de rentas, y les permite generar barreras de entrada a nuevos competidores, a través de economías de escala y control de infraestructura clave. Además, reducen incentivos para la innovación, lo que pudiese derivar en un estancamiento.



Un segundo criterio que se debiese incluir es de carácter político. En diciembre de 1976, ocho países ecuatoriales, Ecuador, Colombia, Brasil, Congo, Zaire, Uganda, Kenia e Indonesia, se reunieron en Bogotá y emitieron una declaración afirmando la soberanía nacional sobre las órbitas geoestacionarias sobre sus territorios soberanos.

Argumentaron que estas órbitas tienen un ‘vínculo físico y funcional’ con regiones específicas de la Tierra, por lo que deberían considerarse un recurso natural, así como lo son los minerales que se encuentran en los territorios de los estados.

También, señalaron que el Tratado del Espacio Exterior de 1967, si bien prohíbe la apropiación nacional del espacio ultraterrestre, no definió adecuadamente dónde comienza el ‘espacio ultraterrestre’, por lo que su propuesta no estaría en contradicción con el tratado.

En su momento la Declaración de Bogotá fue ampliamente rechazada. Sin embargo, es una idea que tiene mérito propio.

⁴⁹ <https://dewesoft.com/blog/every-satellite-orbiting-earth-and-who-owns-them>

Considere lo siguiente: ¿le sirve de algo a Chile la órbita geoestacionaria de Tonga? ¿tiene algún tipo de interés Canadá en la órbita geoestacionaria sobre Nueva Zelanda? La respuesta es no, porque las órbitas geoestacionarias permiten el monitoreo del clima, lo que favorece a la agricultura, y catástrofes naturales, lo que facilita la distribución de ayuda, entre muchos otros servicios.

Quienes más tienen un interés son los beneficiarios directos de estos servicios, razón por la cual la asignación de órbitas debiese incluir este criterio.

Ello fortalecería la soberanía de los estados, ya que evitaría la dependencia de terceros, privados o estatales. La dependencia de terceros pone en amenaza aspectos básicos de la vida privada y pública. Los debates electorales, la coordinación en crisis, y la gobernanza en general pueden quedar sujetos a influencias corporativas o a los intereses de naciones extranjeras.

Internet satelital trae consigo la promesa de fortalecer la libertad e independencia, y el peligro de nuevas formas de dominación.

Para Chile y otros países en desarrollo, el desafío es sacar el mayor provecho de las oportunidades, sin por ello sacrificar su soberanía.

Promover cambios en el sistema de asignación de órbitas geoestacionarias es un pequeño paso para alcanzar ese fin. Insuficiente sin duda, pero necesario para asegurar la soberanía.

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 29 / 2025

Santiago, 21 de agosto de 2025

El Sistema de Navegación MagNav, una alternativa innovadora



Por Victor Villalobos C. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 min de lectura.

La navegación aérea está a punto de experimentar una transformación radical con la llegada de una nueva tecnología que promete reducir la dependencia de los sistemas satelitales tradicionales.

La compañía Airbus, a través de su centro de innovación Acubed en Silicon Valley, colabora con SandboxAQ, (una empresa derivada de Google), en el desarrollo de una alternativa de navegación que utiliza el propio campo magnético de la Tierra como referencia principal para la ubicación de aeronaves.

Esta solución se apoya en los avances de la llamada detección cuántica y hace posible que los medios de transporte identifiquen su ubicación mediante la lectura de las firmas magnéticas únicas existentes en cada región terrestre. El dispositivo resultante, bautizado como MagNav, se presenta como uno de los desarrollos más prometedores en el sector aeroespacial de las últimas décadas.

La compañía Airbus y su aliado estratégico, SandboxAQ, completó exitosamente más de 150 horas de vuelo de prueba con MagNav, un sistema de navegación innovador que promete redefinir la forma en que las aeronaves determinan su posición. A diferencia del Sistema de Posicionamiento Global (GPS, del inglés Global Positioning System), este dispositivo se basa en el campo magnético terrestre para orientar las aeronaves, abriendo una nueva era de resiliencia, seguridad y autonomía en la aviación.

El desarrollo del sistema de navegación fue liderado por el centro de innovación Acubed, que trabaja en conjunto a la empresa SandboxAQ en la validación de esta tecnología emergente conocida como detección cuántica. Aunque el concepto lleva décadas en desarrollo, es la primera vez que se lo prueba de forma sostenida y exitosa en condiciones reales de vuelo sobre territorio continental de EE. UU.



¿Cómo funciona el sistema de navegación MagNav?



El sistema de navegación MagNav mide las firmas magnéticas únicas que existen en la corteza terrestre y las compara, mediante inteligencia artificial, con mapas de referencia previamente conocidos. Cada metro cuadrado del planeta posee una firma magnética irrepetible, determinada por la composición de los minerales y el efecto del núcleo terrestre. El sistema utiliza un láser que excita electrones y detecta la firma fotónica resultante, permitiendo así calcular la ubicación exacta del avión sin necesidad de señales satelitales.

Durante las pruebas realizadas por Airbus, el sistema de navegación MagNav alcanzó una precisión del 100% dentro de un radio de 2 millas náuticas (suficiente para cumplir los requisitos de la FAA), y logró una precisión de hasta 550 metros en el 64% de las mediciones. Según Jack Hidary, CEO de SandboxAQ, se trata del primer sistema de navegación verdaderamente nuevo en los últimos 50 años.

Una brújula cuántica para la aviación moderna.

A diferencia del sistema GPS, que depende de señales satelitales, MagNav mide las firmas magnéticas únicas presentes en la corteza terrestre.

El sistema compara estas mediciones con mapas magnéticos utilizando un algoritmo de inteligencia artificial alimentado por una unidad de procesamiento gráfico (GPU), lo que permite determinar con precisión la ubicación de una aeronave.



Representación del campo magnético terrestre. (NASA)

Las pruebas realizadas por Acubed durante más de 150 horas de vuelo por todo el territorio continental de Estados Unidos demostraron que MagNav puede funcionar como un sistema independiente o complementario.

El funcionamiento de MagNav se basa en principios de física cuántica: MagNav tiene más o menos el tamaño de una tostadora, y cuenta con un láser que dispara fotones contra electrones. Cuando el láser se apaga, estos electrones liberan los fotones absorbidos con una firma energética única que refleja la intensidad del campo magnético terrestre en esa ubicación exacta. Un algoritmo de inteligencia artificial procesa esta información y la compara con mapas magnéticos detallados para determinar la posición del avión. Cada metro cuadrado del planeta tiene una firma magnética irrepetible, creada por las partículas de hierro del núcleo terrestre que magnetizan los minerales de la corteza.



Una brújula cuántica a prueba de guerra electrónica.

Más allá de la precisión, el verdadero valor del sistema de navegación MagNav radica en su naturaleza analógica. A diferencia del sistema GPS, basado en señales digitales que pueden ser interferidas, suplantadas o bloqueadas (como ha ocurrido en zonas de conflicto como Ucrania o Medio Oriente), la navegación basada en el campo magnético terrestre es intrínsecamente resistente al sabotaje y al hackeo. Esto la convierte en una solución estratégica de respaldo frente a los riesgos crecientes en entornos de guerra electrónica.

Aunque, el sistema de navegación MagNav no busca reemplazar completamente al sistema GPS, sí ofrece una capa crítica de verificación y redundancia. Su implementación permitiría a pilotos y operadores detectar una posible suplantación del GPS y mantener la operatividad incluso en escenarios hostiles.

Una novedosa alternativa frente a las debilidades del sistema GPS.

La clave de la navegación magnética no reside solo en su precisión, sino en su naturaleza analógica. A diferencia de los sistemas digitales, como el GPS (propensos a interferencias, hackeos o sabotajes, en particular en zonas de conflicto o escenarios de guerra electrónica), el sistema de detección cuántica resulta intrínsecamente inmune a estos riesgos. En contextos geopolíticos donde el GPS ha sido vulnerado, como Ucrania y Medio Oriente, la capacidad de operar sin depender de señales externas representa una ventaja estratégica y de seguridad de primer nivel.

En este contexto, pensar en una “brújula cuántica” a bordo de cada aeronave (tan esencial como hoy lo es el cinturón de seguridad) deja de ser una utopía y se convierte en una visión estratégica concreta. El futuro de la navegación aérea no será solo más preciso, sino también más soberano, resistente y seguro. Y ese futuro podría estar más cerca de lo que pensamos.

Según Jack Hidary, CEO de SandboxAQ, este desarrollo supone el primer sistema de navegación absoluta nuevo en medio siglo. Aunque la intención no es que MagNav sustituya por completo al GPS, su incorporación podría ofrecer un respaldo robusto y un mecanismo de verificación ante posibles suplantaciones de señal. La arquitectura basada en la comparación de firmas magnéticas la dota de una autonomía y resistencia superiores a las de los sistemas únicamente digitales, por lo que aporta una capa extra de confiabilidad.



Resumen.

Más allá de la aviación comercial y militar, las posibilidades que abre esta tecnología son numerosas. En defensa, la detección cuántica podría aplicarse para la ubicación de submarinos y túneles bajo tierra, mientras que en salud, permitiría diagnósticos no invasivos al detectar las débiles señales magnéticas originadas por el cerebro y el corazón. Las estimaciones proyectan que este mercado podría alcanzar entre 1.000 y 6.000 millones de dólares hacia 2040.

Para la geopolítica y la seguridad nacional, esto representa un cambio de juego. La dependencia del GPS, un sistema controlado principalmente por Estados Unidos, siempre ha sido un punto de vulnerabilidad para cualquier nación o actor que lo utilice. MagNav ofrece una alternativa soberana e inexpugnable, garantizando que la navegación aérea, ya sea civil o militar, pueda continuar sin interrupciones incluso en escenarios de guerra electrónica avanzada. El desarrollo de una “brújula cuántica” capaz de guiar a las aeronaves sin depender exclusivamente del GPS anticipa un cambio profundo en la aviación global. Para las fuerzas aéreas, aerolíneas y autoridades aeronáuticas, esta innovación se traducirá en mayor seguridad e independencia estratégica ante amenazas externas, consolidando una nueva era donde la autonomía tecnológica en el cielo será fundamental. La dependencia de los satélites, sujeta a ataques, inclemencias del tiempo, fallos técnicos y espionaje, puede ser limitada. Y todo esto, gracias a la combinación de física cuántica e inteligencia artificial.



Al igual que Airbus, la empresa Boeing, en colaboración con AOSense, se han encaminado a desarrollar también, un sistema de navegación cuántica. Este sistema se consolidó con el primer vuelo experimental de un avión Beechcraft 1900D en 2024, que operó durante cuatro horas sin utilizar el sistema GPS. (Boletín Informativo y de Análisis N°10/2025 CEEA).

VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet, INFOBAE, AVIACIÓN NEWS, XATAKA.



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 30 / 2025

Santiago, 28 de agosto de 2025

METEOROLOGÍA ESPACIAL

Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 10 Min. de lectura.



El Sol interactúa física y magnéticamente con todos los objetos del Sistema Solar, ya sean naturales o artificiales, con un nivel de actividad que sigue un ciclo de máximos y mínimos que se repiten aproximadamente cada 11 años y que da lugar a la meteorología espacial.

La meteorología espacial se refiere al estudio de las condiciones en el espacio que pueden influir en el entorno de la Tierra y otras regiones del sistema solar. Centra su atención en cómo la actividad solar, incluidos los flujos de partículas energéticas y los campos magnéticos, afecta el entorno espacial y tecnológico terrestre.

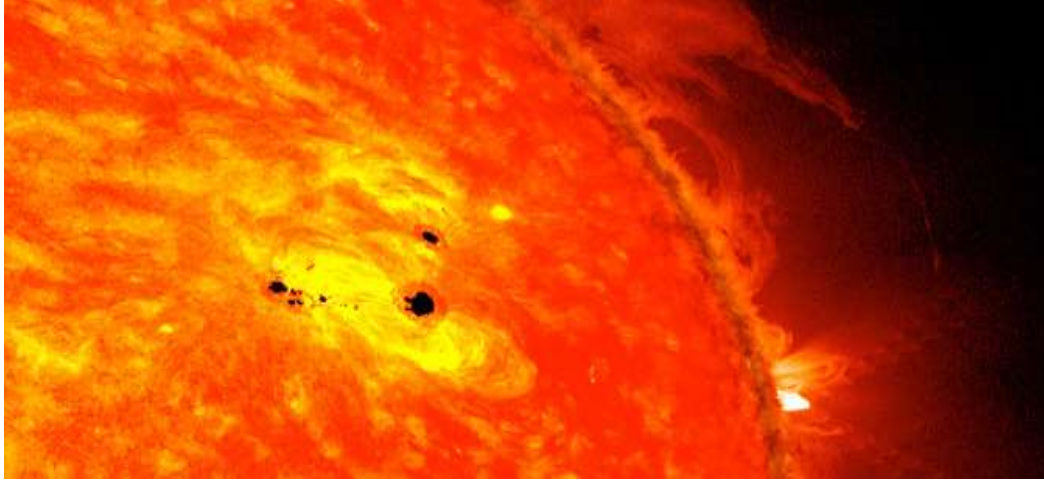
Los fenómenos como las tormentas solares, las eyecciones de masa coronal (CME), y el viento solar no solo afectan las operaciones espaciales y los satélites, sino también, pueden tener impactos significativos en las infraestructuras terrestres. Las tormentas geomagnéticas producidas por estas interacciones pueden provocar auroras, interferir con señales de radio, y dañar redes eléctricas.

En las épocas de actividad máxima, los efectos físicos y magnéticos sobre la propia Tierra y sobre los dispositivos eléctricos y electrónicos, pueden tener un impacto significativo, incluso provocando daños. Entre los sistemas potencialmente afectados por la meteorología espacial, figuran la localización mediante GPS, las telecomunicaciones, las operaciones vía satélite, el seguimiento espacial, la radionavegación, las redes eléctricas y las redes de transporte de combustible.

En la actualidad, los riesgos derivados de la meteorología espacial son objeto de extensivos estudios en varios países del mundo, tomando en consideración el análisis de eventos pasados y su posible impacto, caso de repetirse con mayor o menor intensidad, en los actuales sistemas tecnológicos cada vez más extensos e interdependientes.

Manchas solares.

Las manchas solares son áreas que se ven oscuras en la superficie del Sol, porque están más frías que otras partes de la superficie, sin embargo, la temperatura de una mancha solar es muy alta alrededor de 6.500 grados Fahrenheit, y se forman en áreas donde los campos magnéticos son fuertes. Estos campos magnéticos son tan fuertes que evitan que parte del calor que hay dentro del Sol alcance la superficie.



En esta imagen, se ve una región activa en el Sol con manchas solares oscuras. Fuente de la imagen: NASA/SDO/AIA/HMI/Goddard Space Flight Center

Fulguraciones solares (Erupciones solares).

Las líneas del campo magnético que se encuentran cerca de las manchas solares a menudo se enredan, se cruzan y se reorganizan, lo que puede causar una explosión repentina de energía llamada fulguración solar. Las fulguraciones solares liberan mucha radiación en el espacio. Si una fulguración solar es muy intensa, la radiación que libera puede interferir con nuestras comunicaciones de radio en la Tierra.

Las fulguraciones solares a veces van acompañadas de una eyección de masa coronal (EMC). **Eyección de masa coronal. (EMC).** Las EMC son enormes burbujas de radiación y partículas del Sol que explotan en el espacio a una velocidad muy alta cuando las líneas del campo magnético del Sol se reorganizan repentinamente. Cuando las partículas con carga eléctrica de una EMC alcanzan áreas cercanas a la Tierra, pueden provocar la aparición de unas luces intensas en el cielo, llamadas auroras. Si se trata de una EMC suficientemente fuerte, también puede tener consecuencias en la electricidad y, en el peor de los casos, puede causar cortes y escasez en el suministro.



Imagen de una fulguración solar, como muestra el destello. También, se puede ver un bucle de material solar, una eyección de masa coronal (EMC), que se levanta desde el lado derecho del Sol. Fuente: NASA/SDO/Goddard

Tormentas geomagnéticas.

Una tormenta geomagnética, es una perturbación significativa de la magnetósfera, que ocurre como consecuencia directa del intercambio de energía desde el viento solar al ambiente espacial terrestre. La energía intercambiada se disipa en el entorno de nuestro planeta, con consecuencias relevantes sobre los cinturones de radiación, la ionósfera y el campo geomagnético. Se puede estimar la intensidad a través de los índices DST⁵⁰ y Kp⁵¹, que se obtienen a partir de datos medidos por magnetómetros alrededor de la Tierra.

Las tormentas geomagnéticas se dividen en cinco categorías (de la G1 a la G5), donde G1 indica un evento “menor” y G5 un evento “extremo”. Cada categoría está asociada a un Kp⁵² determinado cada 3 horas, cuya duración del evento influye en la severidad de los efectos.

Tormenta de radiación solar.

Una tormenta de radiación solar, sucede cuando se producen partículas energéticas en la atmósfera del Sol, que pueden alcanzar a la Tierra en un tiempo entre 15 minutos a algunas horas de iniciado el evento solar, atravesando la protección magnética de nuestro planeta. Esas partículas provienen de las partes más activas de nuestra estrella (manchas solares), un área donde el campo magnético es especialmente poderoso. Desde allí y en forma de fulguraciones solares, emiten un flujo de protones de alta energía, los cuales llegan a nuestro planeta en pocos minutos.

Las tormentas de radiación solar, en relación a su intensidad, se divide de la S1 a la S5, la intensidad también, se clasifica con números crecientes y está ligada al nivel de flujo >10

⁵⁰ El índice geomagnético Dst (Disturbance Storm Time) es un indicador que permite clasificar la intensidad de una tormenta geomagnética. Se obtiene a partir de observaciones magnéticas en bajas latitudes.

⁵¹ El índice geomagnético planetario K (Kp) fue introducido por J. Bartels en 1949 y se deriva a partir de los índices standarizados K (Ks) de 13 observatorios magnéticos ubicados en latitudes medias. El índice Kp fue diseñado para medir los efectos magnéticos de los eventos solares y se presenta en escala logarítmica con rangos de variabilidad que van desde 0 (no actividad) a 9 (máxima actividad de la tormenta).

⁵² Unidad de fuerza equivalente a la que actúa sobre la masa de 1 kilogramo sometido a la gravedad normal

MeV⁵³ partículas iones, con promedios sobre 5 minutos. Allí los efectos biológicos, operaciones de satélites y otros sistemas (como la tripulación de naves aéreas), son afectados de distintas maneras según la intensidad del evento.

Bloqueos de radio.

Los bloqueos de radio ocurren generalmente durante fulguraciones solares, que se asocian con aumentos del flujo electromagnético en las bandas de rayos X, extremo UV y ondas de radio. Estos eventos logran llegar a nuestro planeta rápidamente (entre 6 y 8 minutos), produciendo un aumento significativo del contenido electrónico en la ionósfera. Este incremento puede afectar la propagación de las ondas de radio, utilizadas para la comunicación.

Los bloqueos de radio se clasifican en categorías que van de R1 a R5, según las observaciones del flujo de rayos X realizadas por los satélites GOES. En el caso del R5, el evento extremo afecta con un bloqueo completo por varias horas de onda de radio de altas frecuencias en todo el lado diurno terrestre.

Observación Solar Continua.

La predicción efectiva de la meteorología espacial comienza con la vigilancia constante del Sol. Satélites como el Observatorio de Dinámica Solar (SDO) y la misión Solar and Heliospheric Observatory (SOHO) proporcionan datos críticos sobre la actividad solar en tiempo real. Estos satélites monitorean las manchas solares, las fulguraciones solares y las eyecciones de masa coronal (CME), que son indicadores clave de eventos potencialmente perturbadores.

Utilizando los datos recopilados por diversas misiones, los científicos emplean modelos computacionales para simular el comportamiento del viento solar y predecir la llegada de CMEs a la Tierra. Estos modelos ayudan a determinar la velocidad, trayectoria y potencial impacto de estas eyecciones, proporcionando información vital para las alertas tempranas.

La predicción precisa también depende de una red global de observatorios y la colaboración entre agencias espaciales internacionales, como la NOAA y la ESA. Estas organizaciones comparten datos y recursos para mejorar las predicciones y estrategias de mitigación.

Atenuación de los Efectos de la Meteorología Espacial.

Buscar la reducción de los impactos de los fenómenos solares es de importancia ya que estos pueden interrumpir comunicaciones por radio y GPS, dañar satélites y redes eléctricas, aumentar la radiación en vuelos de gran altitud y poner en riesgo a astronautas en misiones espaciales.

A continuación, se señalan algunas medidas que se pueden aplicar:

Protección de Infraestructuras Críticas.

Los operadores de redes eléctricas pueden tomar medidas preventivas, como reconfigurar la red o ajustar la generación de energía durante eventos de meteorología espacial importantes. Esto es crucial para prevenir apagones masivos como el que ocurrió en Quebec en 1989.

⁵³ MeV significa megaelectronvoltio. Es una unidad de energía utilizada comúnmente en física de partículas y física nuclear, equivalente a un millón de electronvoltios. Un electronvoltio (eV) es una unidad de energía que representa la cantidad de energía cinética que gana o pierde un electrón al moverse a través de una diferencia de potencial eléctrico de un voltio.

Hardening de Satélites.

Los satélites pueden ser diseñados con tecnologías de endurecimiento para resistir las altas dosis de radiación y las partículas energéticas durante tormentas solares intensas. Además, los protocolos de operación pueden ajustarse para minimizar el riesgo durante períodos de alta actividad solar.

Alertas y Comunicación.

La mejora en los sistemas de alerta temprana permite a las empresas de telecomunicaciones, aerolíneas, y otras industrias afectadas por la meteorología espacial, deben tomar medidas preventivas para proteger sus equipos y mantener la seguridad de sus operaciones. La comunicación efectiva de alertas a los gobiernos y al público, también es esencial para la preparación y respuesta.

Conclusión.

La meteorología espacial, es un campo vital que requiere una atención constante debido a su potencial para impactar en nuestra tecnología y sociedad. A medida que nuestra dependencia de la tecnología aumenta, también lo hace nuestra vulnerabilidad a los fenómenos espaciales. La inversión continua en la investigación, la predicción avanzada y las estrategias de mitigación son esenciales para proteger la infraestructura crítica y asegurar la continuidad de nuestras actividades diarias frente a estos fenómenos celestes.

Debido a que la Meteorología Espacial es un fenómeno global, existe una red de Centros Regionales de Avisos de ME (RWC), coordinados por el International Space Environment Service (ISES) y algunos países, ya han catalogado a la ME como un asunto de seguridad nacional y han publicado sus planes de acción, con el objetivo de mitigar los efectos de la ME en sus territorios para los próximos años.

AAW Información obtenidas de fuentes abiertas

Meteorología Espacial: Cómo Predecir y Mitigar Sus Efectos

Tiempo espacial - Agencia Estatal de Meteorología AEMET.

¿Qué es la "Meteorología Espacial" y cómo nos ayuda?

¿Qué es el Clima Espacial? | SCiESMEX

Sunspots and Solar Flares | NASA Space Place – NASA Science

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 31 / 2025

Santiago, 03 de septiembre de 2025

CONSTELACIÓN ONEWEB



Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 06 Min. de lectura.

OneWeb se fundó en 2012 bajo el nombre de WorldVu Satellites Ltd. y su objetivo es proporcionar conectividad de banda ancha confiable y de alta velocidad en todo el mundo, especialmente en zonas que actualmente carecen de servicio o carecen de conexión. A diferencia de Starlink, el negocio de OneWeb no se basa en conectar directamente clientes esparcidos por el mundo, sino que pretende servir de apoyo para empresas de telecomunicaciones ya establecidas.

OneWeb es una constelación comercial de satélites LEO (Orbita Baja) operada por el Grupo Eutelsat, con satélites fabricados por Airbus Defence and Space, que en su primera generación consta de una constelación de 648 satélites, que funcionan en conjunto con una red de estaciones terrestres y terminales de usuario, cuyos lanzamientos comenzaron en el año 2019, y con planes para una constelación de segunda generación proponiendo una expansión significativa, que podría aumentar el total a más de 6.300 satélites.

El principal objetivo de OneWeb, es extender el acceso digital a regiones donde las soluciones de banda ancha convencionales no están disponibles o son económicamente inviables. Esto incluye comunidades rurales, zonas montañosas y regiones escasamente pobladas, siendo compatible con aplicaciones críticas tanto en el sector público como en el privado, desde respuesta a emergencias y seguridad pública hasta educación, sanidad y operaciones industriales. Además de actuar como proveedor principal de banda ancha, OneWeb también ofrece soluciones de respaldo para redes existentes, lo que garantiza la continuidad en caso de interrupciones o situaciones de alta demanda.

Segmento Satelital.

Cada satélite OneWeb utiliza la plataforma Arrow de Airbus y tiene una masa aproximada de 150 kg, con una estructura en forma de caja que mide aproximadamente 1×1×1,3 m, llevando una carga útil de unos 60 kg. y está equipado con dos paneles solares que se despliegan en órbita para generar energía. Los satélites utilizan un sistema de propulsión eléctrica de xenón para realizar maniobras orbitales. Su vida útil varía con la altitud, y en una órbita de 500 km, se espera que cada satélite dure más de siete años, mientras que, en una órbita de 1.200 km, la vida útil es de al menos cinco años.



Satélite OneWeb (OneWeb).

Para proteger los satélites de las temperaturas extremas en órbita, se utiliza un aislamiento térmico fabricado en Austria, que está compuesto por múltiples capas de película de poliimida recubierta de metal, lo que permite que los satélites soporten condiciones de entre -150°C y $+150^{\circ}\text{C}$.

Los satélites OneWeb se lanzan generalmente en lotes a una órbita de estacionamiento inicial a una altitud aproximada de 450 km. Desde allí, ascienden a su altitud operativa LEO designada mediante propulsión eléctrica.

Los satélites operativos mantienen una altitud de aproximadamente 1.200 km, viajando a una velocidad de unos 27.000 km por hora, completando una órbita cada 109 minutos, realizando 13 órbitas diarias.

La constelación está dispuesta en 12 planos orbitales, con una inclinación de unos 87° , lo que garantiza una cobertura fiable y un servicio ininterrumpido, especialmente en regiones de alta latitud.

Cada satélite lleva una carga útil de comunicaciones de tubo curvo que permite el acceso a internet de banda ancha. Las señales de las puertas de enlace terrestres se reciben en la banda Ka y se transmiten a los usuarios a través de la banda Ku (10,7-12,7 GHz). La banda Ku se divide en ocho canales de 250 MHz, que se transmiten a través de 16 haces fijos de alta elipsis. Dos haces puntuales orientables en banda Ka gestionan las comunicaciones de las puertas de enlace: uno activo y el otro utilizado para respaldo o transferencia.



*El dispensador utilizado para depositar todos los satélites OneWeb fabricados por Beyond Gravity
(Crédito de la imagen: ISRO, OneWeb)*

El 27 de febrero de 2019 fueron lanzados con éxito los primeros seis satélites de la constelación desde el puerto espacial de Kourou a las 21:37 UTC. Estos satélites iniciales forman parte de una constelación planificada de 648 satélites en órbita terrestre baja (LEO)

Los satélites se despliegan en órbita mediante un dispensador especialmente diseñado por Beyond Gravity (anteriormente RUAG Space). El dispensador tiene una altura de 5,5 m y una estructura cilíndrica central de 1,7 m, y actúa como conexión entre el cohete y los satélites. Está diseñado para gestionar grandes constelaciones, liberando de forma segura hasta 36 satélites en un solo lanzamiento.

Desde febrero de 2020, una versión actualizada incluye una sección superior cónica que puede transportar cuatro satélites adicionales por misión. El dispensador, fabricado en Suecia bajo contrato con Arianespace, se fija a la etapa superior del cohete. Los satélites se fijan en puntos de separación individuales, cada uno equipado con resortes y mecanismos de bloqueo que garantizan una sujeción segura durante el lanzamiento y una liberación segura en el espacio.

Los satélites OneWeb han sido puestos en órbita a través de varios lanzamientos de cohetes Soyuz-2.1b y Soyuz ST-B que han despegado desde Baikonur, Vostochni y Kourou, todos ellos exitosos (en cada misión van 34 o 36 unidades, salvo en la primera, que se pusieron en órbita seis satélites de prueba).

A pesar de que se han empleado cohetes Soyuz-2 lanzados preferentemente desde Rusia, el contrato de lanzamiento es a través de la empresa Arianespace, por lo que se han realizado también, lanzamientos desde el Centro Espacial Satish Dhawan en Sriharikota, India, por un cohete LVM3 y de la Base de la Fuerza Espacial Vandenberg por un cohete Falcon 9 de SpaceX, y el 20 de octubre de 2024: se lanzó el último lote de 20 satélites de OneWeb desde la Base de la Fuerza Espacial Vandenberg a las 05:13 UTC utilizando el cohete Falcon 9 de SpaceX.



Un vehículo de lanzamiento LVM3 que transporta 36 satélites OneWeb despegando el 26 de marzo de 2023 desde Sriharikota, India (Crédito de la imagen: Eutelsat OneWeb)

La constelación OneWeb sigue un patrón Walker-Star, un tipo de disposición orbital que espacia los satélites uniformemente a lo largo de 180°, lo que garantiza una cobertura consistente y una conectividad mejorada en las regiones polares.



Configuración orbital Walker-Star de los satélites OneWeb (Crédito de la imagen: Moon et al., 2024)

La cobertura de cada satélite está diseñada para garantizar que los usuarios estén siempre en la línea de visión de al menos un satélite con un ángulo de elevación mínimo de 55° , que aumenta considerablemente en latitudes más altas. Por ejemplo, los usuarios en regiones como Alaska experimentarán constantemente ángulos de elevación muy superiores a este mínimo. Esta geometría garantiza que la mayoría de las ubicaciones de la Tierra mantengan una cobertura continua, lo que permite una transferencia fluida entre satélites y un servicio ininterrumpido.

Segmento Terrestre.

Se están construyendo una red de hasta 45 estaciones terrestres a lo largo del globo, cada una con entre diez y treinta antenas, para controlar la constelación.

El sistema satelital OneWeb se basa en una red global de infraestructura terrestre para proporcionar servicios de banda ancha. La comunicación entre los satélites y la tierra se divide en dos segmentos: terminales de usuario que operan en la banda Ku y estaciones terrestres de enlace que utilizan la banda Ka. Los terminales de usuario son unidades compactas y económicas, de entre 30 cm y 75 cm de tamaño. Estos terminales se conectan directamente a los satélites y son capaces de mantener una conexión continua a medida que estos se desplazan por el cielo, mediante transferencias entre satélites y haces.

Las estaciones de enlace en banda Ka sirven de puente entre la constelación de satélites y la internet global. Estas estaciones suelen contar con antenas de 2,4 m y están ubicadas estratégicamente para garantizar una conectividad fiable con los satélites visibles. Cada estación de enlace alberga varias antenas (diez o más) para gestionar enlaces simultáneos con varios satélites. Se prevé el despliegue de más de 50 estaciones de enlace en todo el mundo, lo que garantizará una cobertura global.

Crecimiento de la constelación

OneWeb solicitó a la FCC (*Federal Communications Commission*) cambiar el número máximo de satélites de la Fase 2 a un máximo de 6.372 unidades. En estos satélites de segunda generación OneWeb quiere incorporar nuevas soluciones tecnológicas, incluyendo la

capacidad de que sirvan como satélites de navegación para crear una red de posicionamiento global, un requisito impulsado por el gobierno británico para contrarrestar el no tener acceso a la constelación Galileo tras el *brexít*.

17 de diciembre de 2024: Airbus Defence and Space ha firmado un contrato con Eutelsat para la construcción de 100 satélites para la ampliación de la constelación OneWeb. Los primeros lotes de estos satélites, cuya entrega está prevista para finales de 2026, garantizarán la continuidad del servicio e incorporarán mejoras clave, como la integración de 5G. Los nuevos satélites serán compatibles con la constelación multiórbita europea IRIS2, cuya entrada en funcionamiento está prevista para 2030, donde Eutelsat es uno de los principales operadores. Los 100 satélites se fabricarán en las instalaciones de Airbus en Toulouse, y su producción está prevista para 2026.

AAW

<https://www.eoportal.org/satellite-missions/oneweb#overview>



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 32 / 2025

Santiago, 25 de septiembre de 2025

VEHÍCULO DE PRUEBA ORBITAL X 37B

Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 6 Min. De lectura.



Una recreación en 3D del verdadero avión espacial X-37B orbitando la Tierra. Fuente: ArtStation – Spaceplane.

El Vehículo de Prueba Orbital X-37B u OTV, es un programa de prueba experimental para demostrar tecnologías para una plataforma de prueba espacial confiable, reutilizable y no tripulada para la Fuerza Espacial de los EE. UU, siendo el principal Vehículo de Prueba Orbital. Los objetivos principales del X-37B son dobles: tecnologías de naves espaciales reutilizables para el futuro de EEUU en el espacio y operar experimentos que pueden ser devueltos y examinados en la Tierra.

Esta nave espacial construida por Boeing, se deriva del programa X-37 original de la NASA, que funcionó desde 1999 hasta 2004. Luego, fue transferida a la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa (DARPA) antes de ser asumida por la Oficina de Capacidades Rápidas de la Fuerza Aérea (RCO) en 2010.

El X-37 se conocía inicialmente, como el Future-X Pathfinder, cuando la NASA lanzó el esfuerzo para estudiar más de 40 tecnologías de fuselaje, propulsión y operaciones, buscando reducir el costo de acceso al espacio. La NASA llevó a cabo el programa desde 1999 hasta septiembre de 2004, cuando fue transferido a DARPA.

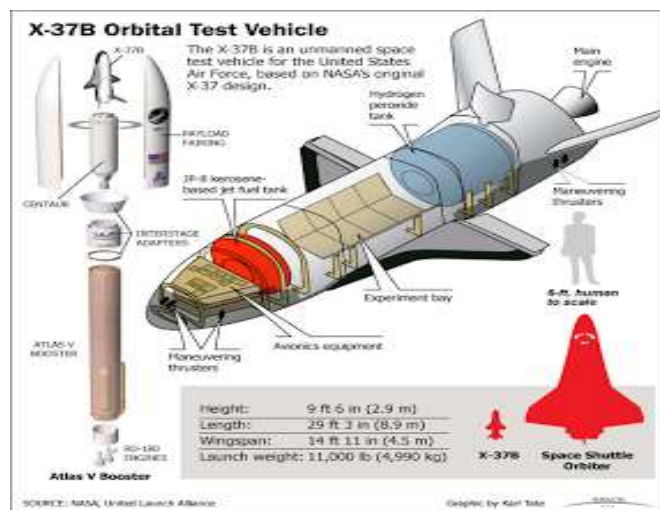
La NASA también realizó pruebas a baja velocidad y baja altitud entre 1998 y 2001, utilizando el X-40^a, una versión a escala reducida del X-37 desarrollada por el Laboratorio de Investigación de la Fuerza Aérea. Luego, DARPA llevó a cabo varias pruebas de transporte cautivo y pruebas de lanzamiento del X-37^a construido por Boeing en 2005-06, lo que llevó al anuncio de la Fuerza Aérea para comenzar el programa del Vehículo de Prueba Orbital X-37B en noviembre de 2006.

Esta nave se lanza verticalmente sobre un cohete, pero aterriza horizontalmente en una pista como un avión, está equipado con tecnologías de vanguardia que le proporcionan un rendimiento y una durabilidad excepcionales. Su diseño modular permite una amplia gama de experimentos y misiones, lo que lo convierte en un recurso versátil y valioso para la exploración espacial.

La capacidad de reentrada autónoma del X-37B garantiza retornos seguros y fiables, lo que permite ciclos rápidos de reacondicionamiento, reprocesamiento y re-vuelo. Esta adaptabilidad facilita diversos avances científicos y tecnológicos, contribuyendo al futuro de la exploración espacial.

Operado por la Fuerza Espacial de los Estados Unidos y gestionado por la Oficina de Capacidades Rápidas del Departamento de la Fuerza Aérea (DAF RCO), el programa X-37B es una asociación pública-privada colaborativa.

Características del X-37B.



- Tipo: Avión espacial no tripulado y reutilizable.
- Fabricante: Boeing, bajo el programa de la Oficina de Capacidades Rápidas de la Fuerza Aérea.
- Dimensiones: ~8,9 m de largo, ~2,9 m de ancho, ~4,5 m de envergadura alar.
- Masa: ~5.500 kg.
- Órbitas: Desde órbitas bajas (LEO) hasta órbitas altamente elípticas (HEO), incluso más allá de la geoestacionaria.

Misiones efectuadas.

Desde el primer lanzamiento del X-37B en 2010, Boeing ha mejorado el avión espacial reutilizable con más capacidad y nueva tecnología, ampliando los límites de lo posible con cada nueva misión.

Durante las primeras siete misiones, el X-37B pasó 4.208 días en órbita y en comparación, el transbordador espacial estuvo 1.323 días en el espacio durante los vuelos de la NASA entre abril de 1981 y julio de 2011.



Imagen: Boeing /U.S. Space Force/AP/picture alliance.

Sexto vuelo.

Fue lanzada al espacio el 17 de mayo de 2020, completando su sexta misión con un aterrizaje exitoso en el Centro Espacial Kennedy, el 12 de noviembre de 2022.

Pasó más de 900 días en órbita durante esta misión, rompiendo su anterior récord de resistencia mientras completaba experimentos para varios socios, incluidos la NASA, el Laboratorio de Investigación Naval y la Academia de la Fuerza Aérea.

Por primera vez, transportaba un módulo de servicio, lo que le permitía transportar más carga útil. Esta capacidad ofrece más oportunidades, para que los socios realicen pruebas espaciales, traigan los resultados a la Tierra y obtengan hallazgos que beneficiarán importantes investigaciones.

Séptimo Vuelo.

La misión 7 del X-37B, también conocida como OTV-7 o USSF-52, que fue lanzada al espacio el 28 de diciembre de 2023, por un cohete Falcon Heavy de Space X, siendo la primera vez que se utiliza este cohete para esta nave, finalizó el 7 de marzo de 2025 con el aterrizaje en la Base de la Fuerza Espacial Vandenberg en California, después de 434 días en órbita.

Esta misión es la primera en la que el X-37B operó en HEO en lugar de solo en LEO. Este cambio a HEO ha permitido al RCO y a la Fuerza Espacial observar la exposición de la aeronave espacial a nuevos regímenes orbitales. El límite superior de LEO es de 2.000 km, mientras que el perigeo⁵⁴ de una órbita elíptica HEO es de aproximadamente 1.000 km, y el apogeo⁵⁵ es de más de 35.786 km.

En la misión, se realizaron maniobras de aerofrenado para cambiar su órbita. La capacidad de maniobra de freno aerodinámico, requería modificaciones en el transbordador espacial, específicamente en cuanto a protección contra fallos, autonomía y prevención de colisiones.

La maniobra de desaceleración atmosférica ha permitido evaluar la Red de Vigilancia Espacial del servicio, que es un conjunto global de sensores ópticos y de radar que detectan, rastrean, identifican y catalogan todos los objetos hechos por el hombre en órbita.

A través del experimento, se puede observar cómo otros sensores pueden encontrar y rastrear la nueva órbita de la nave espacial. La recopilación de datos del mundo sobre maniobras orbitales es clave para la Fuerza Espacial para evitar sorpresas operativas por parte de posibles adversarios.

⁵⁴ Se denomina perigeo al punto de la órbita elíptica que recorre un cuerpo natural o artificial alrededor de la Tierra.

⁵⁵ Se denomina apogeo al punto de una órbita elíptica alrededor de la Tierra en el que un cuerpo se encuentra más alejado del centro de esta

Se planeó que el X-37B, utilizara la resistencia de la atmósfera terrestre para sumergirse en una órbita terrestre baja (LEO) el tiempo suficiente para deshacerse de su módulo de servicio de manera segura, y luego reanudar sus esfuerzos de prueba y experimentación.



El X-37B efectuando maniobras de aerofrenado (USSF).

La autonomía es crítica a medida que el espacio se vuelve más congestionado y el planeador espacial opera en varios regímenes, por lo que durante la misión 7 del X-37B, la Fuerza Espacial identificó alrededor de 1.7 millones de oportunidades para evitar colisiones.

Esta misión marca la primera vez que la nave espacial autónoma maniobrará a través de un nuevo régimen orbital, probando futuras tecnologías de conciencia del dominio espacial, que mejoran la comprensión de la nación en la cada vez más amplia arena espacial.

Octavo vuelo.

La octava misión (OTV-8), se realizará desde la Costa Espacial de Florida, con un despegue programado para no antes del 21 de agosto de 2025. Este nuevo hito se producirá seis meses después de la finalización exitosa del OTV-7.

La misión incluirá un módulo de servicio, lo que ampliará la capacidad para experimentos y abrirá nuevas oportunidades para socios de misión, como el Laboratorio de Investigación de la Fuerza Aérea y la Unidad de Innovación en Defensa (DIU).

Esta misión presentará demostraciones de tecnologías de comunicaciones láser intersatélite de alta capacidad, así como la prueba en el espacio del sensor inercial cuántico más avanzado hasta la fecha.

El sensor inercial cuántico revolucionario demostrará capacidades precisas de posicionamiento, navegación y sincronización en entornos sin GPS. Este tipo de sensores, útiles para la navegación en el espacio profundo y cislunar, prometen impulsar los límites tecnológicos de los viajes espaciales de largo alcance.

La Fuerza Espacial de Estados Unidos aprovechará los conocimientos obtenidos en esta misión para informar sobre el diseño de sus futuras arquitecturas espaciales.

Conclusión.

El X-37B ha completado siete misiones exitosas, recorriendo más de 2.100 millones de kilómetros y pasando miles de días en el espacio. Cada misión añade nuevas capacidades y pruebas tecnológicas, lo que convierte al X-37B en una plataforma crucial para el avance de la tecnología espacial.

El X-37B, oficialmente un Orbital Test Vehicle, ha generado controversia internacional por su comportamiento en órbita:

- Aunque no es oficialmente un arma ASAT, ha realizado actividades anómalas que preocupan a otros países.

- Tiene capacidad de carga útil, maniobras prolongadas y autonomía energética, lo que lo hace ideal para misiones encubiertas o de doble uso.

El X-37B está ayudando a la Fuerza Espacial de Estados Unidos a aprender cómo operar en un dominio que está cada vez más lleno de pequeños satélites y escombros orbitales de una red en expansión de activos de propiedad estatal y comercial.

A medida que el Pentágono explora cómo combatir futuras guerras en el espacio, se apoya en una plataforma que ha registrado un número récord de años operando en el espacio.

El X-37B Vehículo de Prueba Orbital, una nave espacial experimental que puede reingresar a la atmósfera de la Tierra de forma autónoma, ha surgido como una herramienta crítica para la planificación futura de la Fuerza Espacial de EE. UU.

AAW con información de fuentes abiertas, internet.

<https://aviationweek.com/space/ping-future-us-space-force>

<https://www.dw.com/es/la-fuerza-espacial-de80>

<https://www.boeing.com/defensestems/x37b#overview>

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 33 / 2025

SANTIAGO, 02 DE OCTUBRE DE 2025

DRONES Y SEGURIDAD AEROPORTUARIA: UNA AMENAZA EMERGENTE PARA LA AVIACIÓN CIVIL



Por Victor Villalobos C. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 min de lectura.

La irrupción de los vehículos aéreos no tripulados, (drones), ha representado una de las transformaciones tecnológicas más significativas de las últimas décadas. Su uso se ha extendido rápidamente en ámbitos como la fotografía, la agricultura, la logística y la seguridad, entre otros. No obstante, el empleo irresponsable o malintencionado de estas aeronaves también, ha generado nuevas problemáticas en materia de seguridad operacional, especialmente, en lo que respecta al tráfico aéreo comercial. En este contexto, la creciente ocurrencia de incidentes de drones no autorizados que irrumpen en espacios aéreos controlados, forzando el cierre temporal de aeropuertos, constituye una amenaza real para la aviación civil y plantea serios desafíos legales, tecnológicos y operativos para las autoridades aeronáuticas.



La seguridad aeroportuaria depende en gran medida del control riguroso del espacio aéreo que rodea a los aeropuertos y aeródromos. La introducción de drones no autorizados en estas zonas representa un riesgo elevado por varias razones. En primer lugar, existe el potencial de colisión con aeronaves comerciales, lo cual puede generar daños estructurales o funcionales graves, especialmente si el impacto se produce en un motor o en sistemas críticos durante las fases de vuelo más delicadas. A diferencia de las aves, cuyo comportamiento puede preverse en cierta medida, los drones son controlados remotamente o programados, lo que introduce una variable tecnológica difícil de anticipar.

Un ejemplo paradigmático de esta problemática, fue el incidente ocurrido en diciembre de 2018 en el aeropuerto de Gatwick (Reino Unido), cuando múltiples reportes de drones en las inmediaciones del aeropuerto obligaron a cancelar más de mil vuelos y afectaron a más de 140.000 pasajeros.



Aeropuerto de Gatwick (Reino Unido)

A pesar de la movilización policial y el uso de equipos especializados, no se logró identificar a los responsables ni evitar la parálisis del aeropuerto durante más de 36 horas. Este caso marcó un antes y un después en la percepción pública y gubernamental sobre el potencial disruptivo de los drones en entornos críticos.

Incidentes en Dinamarca y Noruega.

El 22 de septiembre, al menos 15 vuelos fueron desviados en el aeropuerto de Copenhague, en Dinamarca, después de que se observaran drones no identificados en las cercanías, informaron a la agencia AFP, la policía y las autoridades aeroportuarias.

“El espacio aéreo sobre el aeropuerto de Copenhague ha estado cerrado desde las 8:30 p.m. (18:30 GMT) debido a dos o tres drones no identificados. Ningún avión puede despegar o aterrizar”, declaró la portavoz del aeropuerto, Lise Agerley Kurstein.

Tras la paralización de los vuelos durante varias horas, el Gobierno de Dinamarca calificó el hecho como el ataque más grave hasta ahora contra su infraestructura crítica y lo vinculó con una serie de supuestas incursiones de drones rusos y otras interrupciones ocurridas en Europa, aunque evitó señalar directamente a un responsable.

La primera ministra danesa, Mette Frederiksen, afirmó que esta acción parecía estar diseñada “para perturbar y crear inquietud”, aunque las autoridades se abstuvieron de nombrar sospechosos.

“Obviamente, no descartamos ninguna opción en relación con quién está detrás de esto. Y está claro que esto encaja con los desarrollos que hemos observado recientemente con otros ataques con drones, violaciones del espacio aéreo y ataques de hackers contra aeropuertos europeos”, añadió.

“Ciertamente no puedo negar de ninguna manera que se trate de Rusia”, afirmó Frederiksen en una entrevista con la emisora pública DR, en la que mencionó los recientes reportes de drones rusos en el espacio aéreo de Polonia y Rumania, además de la denuncia de Estonia sobre la incursión de cazas rusos en su territorio aéreo.



Todavía no está claro si los drones fueron dispositivos militares o civiles, pero son más grandes de lo que un particular puede comprar, de acuerdo a testigos.

Las autoridades aeroportuarias señalaron que el aeropuerto permanecería cerrado hasta que la situación se resolviera. El cierre se prolongó durante cuatro horas en total.

El 22 y 23 de septiembre, el aeropuerto de Gardermoen en Oslo, Noruega, también, permaneció cerrado por una situación similar durante tres horas, lo que dejó a decenas de miles de pasajeros varados debido a desvíos de vuelos.

La policía danesa informó que los drones parecían haber sido operados por “un piloto capacitado”, y añadió que aún no se habían identificado sospechosos.

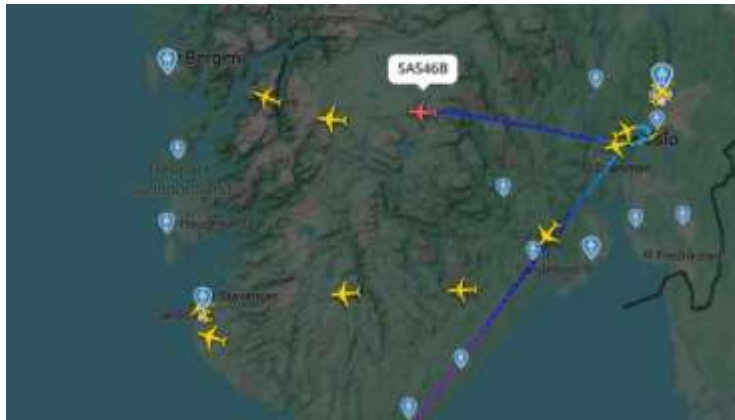
“Hemos concluido que esto fue lo que llamaríamos un operador capacitado”, dijo a la prensa el superintendente jefe de la policía danesa Jens Jespersen, en referencia a los drones observados en Copenhague.

“Se trata de un actor que tiene las capacidades, la voluntad y las herramientas para exhibirse de esta manera”, añadió Jespersen, señalando que aún era demasiado pronto para decir, si los incidentes en Dinamarca y Noruega estaban relacionados.

Jespersen afirmó que los drones en Dinamarca llegaron desde varias direcciones diferentes, encendiendo y apagando sus luces, antes de desaparecer tras varias horas. Aseguró que se estaban investigando varias hipótesis, incluida la posibilidad de que los drones fueran lanzados desde barcos, puesto que el principal aeropuerto de Dinamarca está situado cerca de una transitada ruta marítima por la que entran y salen buques del mar Báltico.

Por su parte, el primer ministro de Noruega, Jonas Gahr Store, destacó que por el momento no existen indicios de que haya una conexión entre los incidentes con drones que obligaron a paralizar durante varias horas el tráfico aéreo en los aeropuertos de Oslo y Copenhague.

El cierre del espacio aéreo en Oslo se produjo tras el avistamiento de dos drones en las inmediaciones del aeropuerto. La suspensión de operaciones se extendió entre las 00:30 y las 03:30 del martes hora local, lo que afectó a numerosos vuelos y pasajeros. “Es muy desafortunado, porque afecta al tráfico aéreo y a los pasajeros”, lamentó Store.



Espacio Aéreo en Oslo

En Noruega, las autoridades detuvieron el lunes por la noche a dos personas sospechosas de haber operado un dron en una zona restringida. Investigaciones posteriores confirmaron que se trataba de una pareja de turistas de Singapur que había hecho volar el aparato sobre un área militar, hecho que no estaría vinculado al cierre del aeropuerto.

Desde el punto de vista normativo.

La mayoría de los países han adoptado marcos legales para regular el uso de drones, prohibiendo expresamente su operación en zonas cercanas a aeropuertos sin autorización previa.

En la Unión Europea, por ejemplo, el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 establece categorías de uso y zonas geográficas restringidas, obligando a los operadores a registrarse y, en muchos casos, a obtener licencias.

Sin embargo, la implementación efectiva de estas normativas depende de varios factores: la capacidad de vigilancia aérea, el acceso a tecnología de detección e inhibición, y la conciencia del usuario sobre las responsabilidades legales asociadas al uso de drones.

En términos tecnológicos.

Se han desarrollado diversos sistemas para mitigar esta amenaza, como radares de detección de drones, sensores acústicos, interferidores de señal (jammers) y sistemas de defensa activa, como drones interceptores.

No obstante, estos sistemas suelen tener costos elevados y no están disponibles en la mayoría de aeropuertos medianos o pequeños, lo que deja vulnerables muchas instalaciones críticas. Además, la rapidez con la que evoluciona la tecnología de drones plantea un desafío constante para las autoridades, que deben adaptar sus capacidades de respuesta a nuevos tipos de amenazas, incluyendo drones autónomos o diseñados para evadir sistemas de detección.

Desde una perspectiva sociopolítica.

Es relevante considerar el papel del usuario. Muchos de los incidentes son causados por operadores aficionados que desconocen las normativas, lo que pone en evidencia la necesidad de campañas de educación y concienciación.

A su vez, no puede descartarse el uso intencional de drones como herramienta de sabotaje, espionaje o terrorismo, lo que refuerza la importancia de incluir esta problemática en las agendas de seguridad nacional.

Conclusión.

El cierre de aeropuertos debido a la presencia no autorizada de drones en su espacio aéreo, representa una amenaza tangible para la seguridad de la aviación civil, así como un desafío multidimensional que requiere respuestas integradas.

La solución no se limita al ámbito legal o tecnológico, sino que demanda una coordinación efectiva entre reguladores, operadores, cuerpos de seguridad y la ciudadanía. Solo a través de una combinación de normativa clara, tecnología adecuada y educación pública será posible garantizar un uso seguro y responsable de los drones, sin comprometer la seguridad operacional de los aeropuertos.

En este sentido, el fenómeno de los drones no solo desafía las estructuras existentes, sino que obliga a repensar los paradigmas tradicionales de seguridad operacional en la era digital.

VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet, EUnews, CNN, france24,

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 34 / 2025

Santiago, 09 de octubre de 2025

NOVENO Y DÉCIMO VUELO DE PRUEBA DEL SISTEMA STARSHIP



Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 06 Min. de lectura.

El programa Starship es una pieza clave en los planes de SpaceX para desarrollar un sistema de transporte espacial completamente reutilizable, capaz de llevar humanos y carga a destinos como la Luna y Marte.

El sistema consiste en dos etapas principales: el propulsor Super Heavy (primera etapa) y la nave espacial Starship (segunda etapa), ambas destinadas a ser reutilizables.

SpaceX ha realizado múltiples vuelos de prueba para validar el sistema, con la recuperación del propulsor Super Heavy y pruebas de la nave Starship en su reentrada atmosférica.

Noveno vuelo de Pruebas.

El noveno vuelo de prueba Starship, despegó el 27 de mayo de 2025 desde Starbase, Texas. El cohete Super Heavy que apoyaba la misión realizó el primer revuelo en el programa Starship, siendo un avance importante hacia la demostración de un cohete que puede volar una y otra vez.



Despegue del noveno vuelo (SpaceX)

Aunque el lanzamiento fue exitoso, la misión enfrentó varios problemas técnicos que impidieron alcanzar sus objetivos principales, como eran el de desplegar ocho simuladores de los satélites Starlink y evaluar el sistema de reentrada del vehículo, que había sido modificado con la retirada de 100 placas de protección térmica.

El cohete Super Heavy utilizado de esta misión, ya había sido usado en el séptimo vuelo de prueba (CEEAA), y realizó el encendido de ascenso de duración completa con sus 33 motores Raptor y se separó de la Starship en una maniobra de hot-staging. Durante la separación, el cohete realizó el primer giro determinista seguido de su encendido de retorno.

El cohete Super Heavy demostró su capacidad para volar en un ángulo de ataque más alto durante su descenso de regreso a la Tierra. Al aumentar la cantidad de resistencia atmosférica en el vehículo, un ángulo de ataque más alto da como resultado una velocidad de descenso más lenta que, a su vez, requiere menos propelente para el aterrizaje inicial.

A medida que se acercaba a su área designada para el amarizaje en el Golfo de México (Golfo de América), el Super Heavy volvió a encender sus 13 motores Raptor del anillo central y medio. El contacto con el cohete se perdió poco después del inicio del aterrizaje cuando experimentó un rápido desmontaje no programado aproximadamente 6 minutos después del lanzamiento, poniendo fin al primer revuelo de un cohete Super Heavy.

Aunque el cohete Super Heavy reutilizado funcionó en el ascenso, se perdió cuando se encendieron tres motores para simular un aterrizaje sobre el Golfo de México.

Después de una separación exitosa con el Super Heavy, La Starship v2 encendió sus seis motores Raptor y realizó un ascenso de duración completa. Los motores de la Starship V2 volaron con mitigaciones implementadas después de los aprendizajes de la octava prueba de vuelo, incluida la precarga adicional en las articulaciones clave, un nuevo sistema de purga de nitrógeno y mejoras en el sistema de drenaje de propulsor.

Durante el vuelo orbital de Starship v2, se planificaron varios objetivos en el espacio, incluido el primer despliegue de carga útil desde la nave y un nuevo encendido de un solo motor Raptor.

El despliegue de los ocho satélites simuladores Starlink, no se pudo realizar debido a que la puerta de la bahía de carga útil de la Starship v2, no pudo abrirse y un error de control de actitud posterior resultó en pasar por alto el reencendido del Raptor e impidió que Starship llegara a la posición prevista para la reentrada.

Luego, la Starship pasó por un proceso automatizado para ventilar la presión restante y colocar el vehículo en las condiciones más seguras para el reingreso. El contacto con Starship se perdió aproximadamente a los 46 minutos de vuelo, y se esperaba que todos los escombros cayeran dentro del área de peligro planificada en el Océano Índico.

Durante el vuelo, la nave experimentó una fuga en el sistema de combustible, lo que provocó una rotación descontrolada lo que llevó finalmente, a que el vehículo se desintegre sobre el océano Índico al intentar reingresar a la atmósfera.

Décimo Vuelo de Prueba.

El décimo vuelo de prueba de Starship, despegó el 26 de agosto de 2025 a las 18:30 CT desde Starbase, Boca Chica, Texas, cumpliéndose todos los objetivos principales, lo que proporcionó datos cruciales para el diseño de la próxima generación de Starship y Super Heavy.

El Super Heavy amarizó en el Golfo de México como estaba previsto y la Starship realizó una reentrada exitosa para amarizar en el océano Índico 1 hora y 6,5 minutos después del lanzamiento. Esta Starship se convierte en la primera Starship Block 2 (v2) en efectuar una reentrada controlada y en la primera que amariza verticalmente en el océano gracias a sus motores, aunque es la tercera Starship en amarizar tras las del quinto y sexto vuelo.

El vuelo de prueba se dio inicio con el Super Heavy, despegando con éxito tras encender los 33 motores Raptor y ascendiendo sobre el Golfo de México (Golfo de América) con la observación que uno de los 33 Raptor 2 del Superheavy, situado en el anillo intermedio, se apagó al minuto y 35 segundos de la misión y no volvió a encenderse en toda la misión.

Tras el ascenso exitoso, se realizó una maniobra de puesta en marcha en caliente, en la que la etapa superior de la Starship encendió sus seis motores Raptor para separarse del Super Heavy y continuar el vuelo espacial.

Tras la separación de etapas, el cohete Super Heavy completó su combustión de retorno para dirigirse a una zona de amarizaje previamente planificada, hacia un punto sobre el golfo de México (Golfo de América) frente a la costa de Texas. El encendido de amarizaje de los 12 Raptor centrales se produjo a los 6 minutos y 18 segundos a 2,2 kilómetros de altitud. A 1,1 kilómetros se deberían haber apagado los Raptor del anillo intermedio para dejar solo los tres centrales, pero en este vuelo se decidió apagar a propósito uno de los tres centrales y, al mismo tiempo, encender un Raptor del anillo intermedio para compensar, recreando una situación de emergencia durante la captura de un Super Heavy por la torre.

El Super Heavy se mantuvo estático unos segundos a 200 metros de altitud simulando la captura por los brazos de Mechazilla y luego se apagaron los motores para dejarlo caer al mar. De esta forma, el Super Heavy se fragmentó y hundió al impactar contra el agua, evitando que quedase flotando de una pieza como ocurrió en el sexto vuelo.

Los seis motores Raptor de la Starship funcionaron perfectamente y, tras apagarse a los 8 minutos y 53 segundos, colocaron a la nave en la trayectoria cuasiorbital planificada. La compuerta del cono frontal se abrió y, a los 19 minutos y 20 segundos, comenzó el despliegue de los 8 simuladores de satélites Starlink v3. Los ocho modelos estaban agrupados en dos grupos de cuatro y se expulsaron de dos en dos. Algunos de los simuladores golpearon la puerta al salir, pero el despliegue concluyó sin problemas y la compuerta se pudo cerrar exitosamente.



Despliegue de los simuladores de satélites Starlink (Space X)

A los 37 minutos 53 segundos la Starship, efectuó un breve encendido de uno de los tres Raptor centrales de apenas 3 segundos de duración, es la primera Starship v2 y la segunda tras la Starship del sexto vuelo de prueba que logra la ignición en la cuasiórbita de uno de sus Raptor, una maniobra que es crítica porque permite demostrar que la Starship es capaz de efectuar un encendido de frenado orbital.



La Starship amariza en el océano Índico (SpaceX).

La reentrada comenzó a los 42 minutos cuando la nave alcanzó 120 kilómetros de altura. A los 47 minutos, cuando la Starship estaba a 90 kilómetros de altura, se produjo un evento catastrófico en la parte trasera de la estructura de la nave que rodea los motores Raptor que destruyó parte del fuselaje, pero, el incidente no afectó al control de la nave de forma grave, ni, aparentemente, a los motores, aunque resultaron golpeados por los restos de la explosión. La causa de la explosión no se conoce, pero podría estar ligada al enfriado de los motores. Algunas losetas se retiraron de la parte trasera de la Starship para poner a prueba la integridad del fuselaje durante la reentrada, pero estos espacios se encontraban en el lado opuesto al que sufrió la explosión.



Superficie de control dañadas (SpaceX)

Durante la reentrada las superficies aerodinámicas delanteras y traseras sufrieron daños destacables, especialmente las traseras), pero el vehículo fue capaz de mantener el control aerodinámico en todo momento. Aunque de que la reentrada siguió un perfil agresivo a propósito para poner a prueba el escudo térmico, los daños en las superficies traseras son preocupantes.

Conclusión.

SpaceX ha señalado que continuará perfeccionando el sistema Starship utilizando los datos recopilados en cada misión, destacando la naturaleza impredecible de las pruebas de desarrollo y subrayó la importancia de realizar vuelos frecuentes para identificar problemas y realizar ajustes de diseño. Obtener datos en tiempo real sobre cómo el propulsor controlaba su vuelo en este ángulo de ataque más alto contribuirá a mejorar el rendimiento en futuros vehículos, incluida la próxima generación de Super Heavy. A pesar de los contratiempos y los desafíos técnicos, SpaceX considera que cada prueba es una oportunidad para mejorar el diseño y la fiabilidad de Starship en su objetivo de hacer que la vida sea multiplanetaria.

El próximo objetivo es introducir la versión v3 antes de fin de año y dependiendo como funcione esta versión, SpaceX prevé que la primera captura de una Starship por la torre será en la misión número 13 o 15.

Las versiones v1 de la Starship apenas eran capaces de colocar 15 toneladas en órbita baja, mientras que la actual versión v2 puede poner 35 toneladas. La v3 será capaz de situar más de 100 toneladas en LEO, por lo que se alcanzará el mínimo operativo aceptable.

La versión v4, con una altura de casi 150 metros y una masa al lanzamiento de 7.500 toneladas, es la próxima gran promesa de SpaceX.

Realizaría su primer vuelo en 2027 y podrá situar en LEO más de 200 toneladas.

AAW adaptación con información de fuentes abiertas, internet

Starship de SpaceX fracasó en su noveno - Infobae

- SpaceX - Launches

El cohete de The New York Times

<https://danielmarin.naukas.com>

<https://www.spacex.com/launches/starship-flight-10>

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 35 / 2025

SANTIAGO, 16 DE OCTUBRE DE 2025

EMBARQUE BIOMÉTRICO EN AEROPUERTOS



Por Victor Villalobos C. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 min de lectura.

En la era de la digitalización, los aeropuertos se han convertido en laboratorios de innovación tecnológica. Una de las transformaciones más notables es el embarque biométrico, un sistema que utiliza características físicas únicas, como el rostro, la huella dactilar o el iris, para identificar a los pasajeros. Esta tecnología está revolucionando la forma en que viajamos, ofreciendo mayor seguridad, eficiencia y comodidad.

¿Qué es el embarque biométrico?

El embarque biométrico es un proceso automatizado que permite a los pasajeros abordar sus vuelos sin necesidad de mostrar documentos físicos. Mediante el reconocimiento facial u otras formas de identificación biométrica, los sistemas verifican la identidad del viajero en segundos. Esto elimina la necesidad de presentar pasaportes o tarjetas de embarque en múltiples puntos de control.



Implementación global.

Aeropuertos de todo el mundo están adoptando esta tecnología. El aeropuerto Hartsfield-Jackson de Atlanta, el Changi de Singapur y el Adolfo Suárez Madrid-Barajas son ejemplos destacados. En estos lugares, los pasajeros pueden realizar el check-in, pasar por seguridad y abordar el avión utilizando únicamente su rostro. Según la encuesta global de pasajeros de IATA 2024, el 46% de los viajeros ya han utilizado tecnología biométrica, y el 73% prefieren este método sobre los documentos tradicionales.

Beneficios.

- Rapidez y eficiencia: El embarque biométrico reduce significativamente los tiempos de espera, agilizando el flujo de pasajeros.
- Seguridad mejorada: Al ser difícil de falsificar, la biometría ofrece una capa adicional de protección contra fraudes y amenazas.
- Comodidad para el usuario: Elimina la necesidad de portar múltiples documentos, lo que mejora la experiencia del viajero.

Desafíos.

A pesar de sus ventajas, el embarque biométrico enfrenta desafíos importantes:

- Privacidad de los datos: El manejo de información biométrica requiere estrictos protocolos de seguridad para evitar filtraciones.
- Infraestructura tecnológica: No todos los aeropuertos cuentan con los recursos necesarios para implementar estos sistemas.
- Aceptación del público: Algunos pasajeros aún desconfían de la tecnología y prefieren métodos tradicionales.



Futuro del embarque biométrico.

La tendencia apunta a una adopción cada vez más amplia. Las aerolíneas y autoridades aeroportuarias están invirtiendo en soluciones biométricas que integren todo el proceso de viaje, desde la reserva hasta el aterrizaje. Se espera que, en los próximos años, el embarque biométrico se convierta en el estándar global, redefiniendo la experiencia de volar.

Equipamiento Requerido para el Embarque Biométrico.



Dispositivos de Captura Biométrica.

- Cámaras de alta resolución: Especializadas en reconocimiento facial, ubicadas en puntos de control como check-in, seguridad y puertas de embarque.
- Escáneres de huellas dactilares: Utilizados en algunos sistemas como respaldo o alternativa al reconocimiento facial.
- Escáneres de iris: Menos comunes, pero usados en aeropuertos con altos estándares de seguridad.

Terminales de autoservicio.

- Kioscos biométricos: Permiten a los pasajeros registrar sus datos biométricos al llegar al aeropuerto.
- Puertas automáticas con validación biométrica: Se abren automáticamente al verificar la identidad del pasajero.



Software de reconocimiento e integración.

- Algoritmos de reconocimiento facial: Procesan las imágenes en tiempo real para verificar la identidad.

- Plataformas de gestión de identidad: Integran los datos biométricos con la información del pasaje, visa y pasaporte.
- Sistemas de interoperabilidad: Conectan aerolíneas, autoridades migratorias y operadores aeroportuarios.

Infraestructura de seguridad y almacenamiento.

- Servidores seguros: Para almacenar y procesar datos biométricos de forma encriptada.
- Protocolos de protección de datos: Cumplen con normativas como GDPR o leyes locales de privacidad.
- Redes de alta velocidad: Garantizan la transmisión rápida y segura de datos entre puntos de control.

Capacitación y soporte técnico.

- Personal capacitado: Técnicos y agentes de seguridad entrenados para operar y mantener los sistemas biométricos.
- Soporte en tiempo real: Para resolver fallos técnicos o problemas de identificación.

Ejemplos de Embarque Biométrico en Aeropuertos del Mundo.

Estados Unidos: Aeropuerto Internacional de Atlanta (ATL).

Delta Airlines ha liderado la implementación del embarque biométrico en el aeropuerto Hartsfield-Jackson de Atlanta. Los pasajeros pueden realizar el check-in, dejar su equipaje, pasar por seguridad y abordar el avión usando solo el reconocimiento facial. Este sistema ha reducido los tiempos de embarque hasta en 9 minutos por vuelo.

España: Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas.

AENA, el operador aeroportuario español, ha desplegado embarque biométrico en vuelos seleccionados de Iberia. Los pasajeros se registran previamente y luego pueden pasar por todos los controles sin mostrar documentos físicos. Este sistema ha sido elogiado por su eficiencia y por mejorar la experiencia del usuario.

Singapur: Aeropuerto Changi.

Reconocido como uno de los aeropuertos más avanzados del mundo, Changi ha integrado biometría en múltiples puntos del viaje. Desde el check-in hasta el embarque, los pasajeros disfrutan de un proceso sin fricciones gracias al reconocimiento facial y escaneo de iris.

Australia: Aeropuerto de Brisbane.

Brisbane ha sido pionero en el uso de biometría para el control fronterizo y embarque. El sistema "Seamless Traveller" permite a los pasajeros pasar por migración y embarcar sin necesidad de mostrar pasaporte, utilizando reconocimiento facial vinculado a su visa electrónica.

Estos ejemplos muestran cómo el embarque biométrico está siendo adoptado globalmente, adaptándose a las necesidades y capacidades de cada país.



América Latina y Chile: El Futuro del Embarque Biométrico.

La región está dando pasos firmes hacia la adopción de tecnologías biométricas, aunque a un ritmo más gradual que otras partes del mundo. Países como Brasil, México y Colombia han comenzado a implementar sistemas de reconocimiento facial en aeropuertos internacionales, especialmente en vuelos hacia Estados Unidos y Europa. La colaboración entre aerolíneas, autoridades migratorias y empresas tecnológicas ha sido clave para estos avances.

En Chile, el Aeropuerto Arturo Merino Benítez de Santiago ha iniciado pruebas piloto de embarque biométrico en vuelos internacionales. Estas pruebas se han realizado en conjunto con la Policía de Investigaciones (PDI) y la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), con el objetivo de mejorar la seguridad y agilizar el tránsito de pasajeros. Aunque aún no está disponible en todos los vuelos, se espera que esta tecnología se expanda en los próximos años. Además, el gobierno chileno ha mostrado interés en modernizar los procesos migratorios y de control fronterizo, lo que podría acelerar la adopción de sistemas biométricos en aeropuertos regionales como los de Antofagasta, Concepción y Puerto Montt.

Oportunidades y desafíos.

- Oportunidades: Mayor eficiencia en aeropuertos con alto tráfico, reducción de filas, mejor experiencia para turistas.
- Desafíos: Inversión en infraestructura, capacitación del personal, y garantizar la protección de datos personales bajo la Ley 19.628 sobre protección de la vida privada.

Conclusión.

El embarque biométrico representa un paso firme hacia el futuro de la aviación. Aunque aún enfrenta obstáculos, sus beneficios en términos de seguridad, eficiencia y comodidad lo convierten en una herramienta clave para modernizar los aeropuertos. En un mundo cada vez más conectado, esta tecnología promete hacer del viaje una experiencia más fluida y segura.

VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet, revista innovación, mundocontact.



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 36 / 2025

Santiago, 28 de octubre de 2025

EXPLORACIÓN POLAR LUNAR (LUPEX)

Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 10 Min. de lectura.

El interés internacional por la exploración lunar ha aumentado significativamente, como lo demuestra el programa Artemis (CEEAA), liderado por Estados Unidos, cuyo objetivo es enviar astronautas de regreso a la Luna para establecer una presencia sostenible y llevar a cabo actividades científicas continuas en su superficie.

En los últimos años, diversos análisis de datos observacionales han indicado la posible presencia de agua en las regiones polares lunares, es decir, en las áreas que rodean los polos norte y sur. De confirmarse esta hipótesis, el agua representaría un recurso estratégico clave para el desarrollo de actividades humanas sostenibles en la Luna, ya que podría emplearse como fuente de energía y materia prima esencial.

Por esta razón, numerosos países están impulsando activamente programas de exploración lunar para investigar y aprovechar estos recursos potenciales.

En este contexto, se ha lanzado la iniciativa LUPEX (Lunar Polar Exploration), un proyecto internacional orientado a la exploración de recursos lunares y al desarrollo de experiencia operativa en condiciones extremas. La misión está liderada conjuntamente por JAXA (Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial), responsable del diseño y operación del rover, e ISRO (Organización de Investigación Espacial de la India), encargada del módulo de alunizaje que transportará el rover.

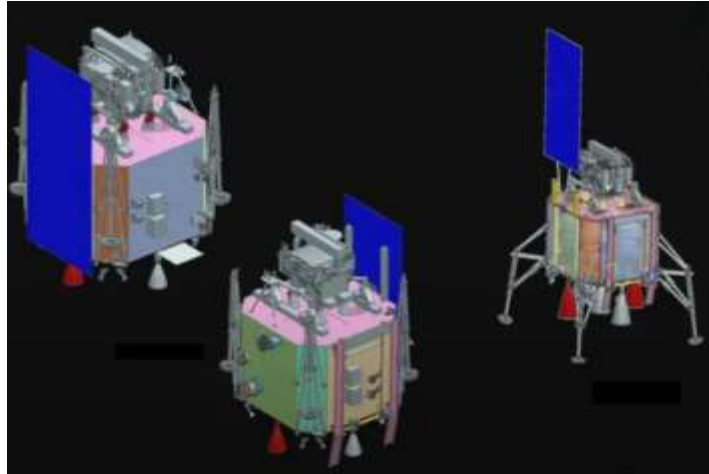
Además, el vehículo llevará instrumentos científicos proporcionados por la NASA y la Agencia Espacial Europea (ESA) para llevar a cabo observaciones y análisis detallados en la superficie lunar.

El proyecto LUPEX tiene como objetivo caracterizar la distribución, cantidad y calidad del agua en el polo sur lunar, generando datos fundamentales para la planificación de futuras misiones humanas. Asimismo, busca validar tecnologías esenciales para la operación de sistemas robóticos en el entorno lunar, aspecto clave para el avance sostenible de la exploración espacial.

Originalmente prevista para 2026, la misión ha sido reprogramada para un lanzamiento entre 2028 y 2029, que se realizará mediante un cohete H3-24L de fabricación japonesa. Japón proveerá el rover y el soporte a través de su red de estaciones de espacio profundo, mientras que India aportará la sonda de descenso y la infraestructura de estaciones terrestres para el control y seguimiento.

El sitio seleccionado para el alunizaje se encuentra en la cresta que conecta el cráter Shackleton con el cráter Gerlache, una zona previamente considerada para misiones no tripuladas y tripuladas debido a su favorable exposición a la luz solar y su potencial riqueza en hielo de agua.

El módulo de descenso presenta un diseño basado en misiones previas de la serie Chandrayaan, con modificaciones respecto a las versiones anteriores, Chandrayaan 2 y 3, y similar a la futura misión Chandrayaan 4.



Diseño actual de la sonda de alunizaje de la ISRO con el rover japonés encima (ISRO).

Rover.

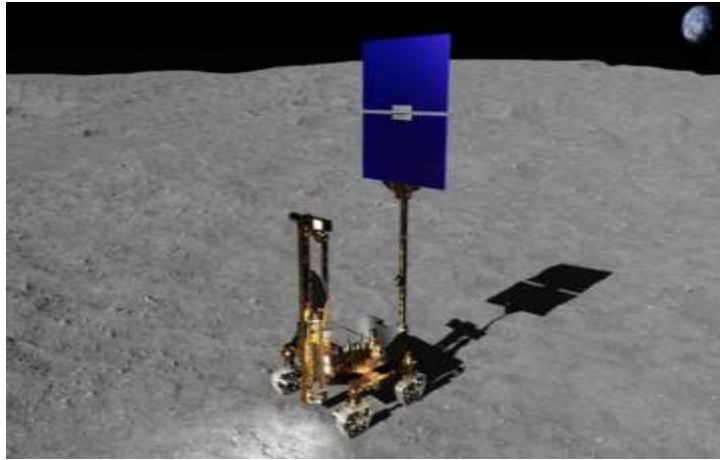
El rover, actualmente en fase de diseño básico por parte de JAXA, está diseñado para desplazarse de forma autónoma en las áreas de sombra permanente del polo sur lunar, con el objetivo de identificar zonas con alta probabilidad de contener agua.

Para ello, contará con un sistema de perforación que le permitirá recolectar muestras del regolito, las cuales serán analizadas in situ mediante un conjunto de instrumentos científicos integrados. Además, el vehículo incorporará tecnologías avanzadas para medir el contenido de agua y otros volátiles, así como para probar sistemas innovadores de propulsión, generación y almacenamiento de energía.

El rover tendrá unas dimensiones aproximadas de 1,75 metros de largo, 1,46 metros de ancho y 1,50 metros de alto, con una masa total de 250 kilogramos. Estará equipado con un taladro capaz de alcanzar una profundidad de 1,5 metros, y contará con un sistema de locomoción basado en cuatro conjuntos de orugas, una tecnología que hasta el momento no ha sido utilizada en misiones lunares.

Una vez en la superficie, desplegará un panel solar vertical diseñado para capturar la luz solar en condiciones de iluminación rasante, ya que en la región polar sur el Sol permanece bajo en el horizonte.

El rover estará operativo durante aproximadamente tres meses, evitando la exposición a la larga noche lunar gracias a su ubicación estratégica, lo que elimina la necesidad de generadores de radioisótopos.



Rover japonés LUPEX en la Luna (JAXA).

Instrumentos.

Entre los instrumentos principales destaca REIWA (Resource Investigation Water Analyzer), desarrollado para detectar hielo y otros volátiles en las muestras extraídas por el taladro. REIWA integra cuatro sensores: LTGA, TRITON, ADORE e ISAP, que trabajarán de forma complementaria para el análisis de las muestras.

El sensor ISAP (de ISRO) utilizará espectroscopía Raman para realizar un primer análisis del regolito. Posteriormente, la muestra será calentada hasta 500 K por el sistema LTGA, lo que liberará gases que serán evaluados durante el calentamiento por TRITON, y posteriormente por ADORE, el cual medirá, entre otras variables, la proporción de deuterio en el agua, dato esencial para determinar su origen.



Modelo del rover (JAXA).

Además de REIWA, el rover llevará los espectrómetros infrarrojos ALIS (de JAXA) y MIR (de ISRO), el radar de penetración de subsuelo GPR (de ISRO), el espectrómetro de neutrones de la NASA, y el espectrómetro EMS-L de la ESA, orientado al estudio de la tenue exosfera lunar. También incluirá el instrumento PRATHIMA (de ISRO) y un mástil equipado con cámaras estereoscópicas para navegación y observación.

Cohete H3-24L.

Es un lanzador de dos etapas totalmente criogénico (hidrógeno y oxígeno líquidos), tiene una longitud total de 63 metros y un diámetro de 5,2 metros en sus dos etapas y en la cofia.

H3-24L, con dos motores en la primera etapa y cuatro aceleradores de combustible sólido SRB-3 (Solid Rocket Boosters 3), usa la cofia grande por defecto y tiene una masa al despegue de 574 toneladas.

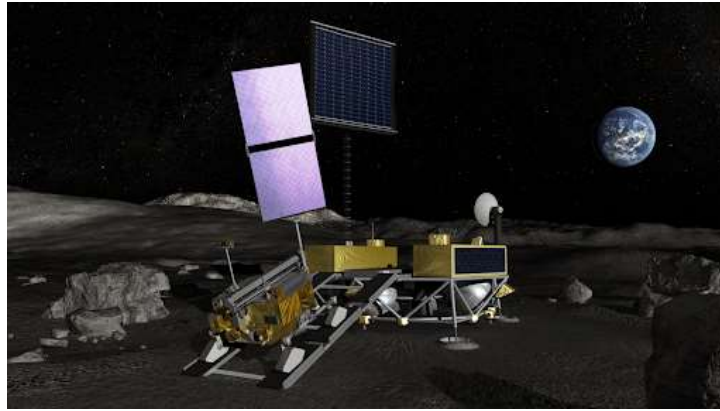
Genera 1.180 toneladas de empuje al lanzamiento, pudiendo colocar un mínimo de 6,5 toneladas en órbita de transferencia geoestacionaria (GTO) y es capaz de colocar unas 20 toneladas en órbita baja (LEO).



Cohete H3 24L. Fuente: JAXA

Conclusión.

Para India, LUPEX/Chandrayaan 5 representa la continuación y consolidación de su programa de exploración lunar. Para Japón, sin embargo, se trata de una misión de mayor relevancia, ya que es su primera operación con un rover de gran escala sobre la superficie lunar tras la sonda SLIM.



Lunar Polar Exploration (LUPEX) Project. *Fuente: ISRO*

LUPEX se ha consolidado como una misión clave para estudiar la distribución de volátiles en el polo sur lunar, además de constituir un proyecto estratégico para el desarrollo de los programas espaciales de Japón e India. La complejidad técnica del proyecto radica en transportar un rover de varios cientos de kilogramos, operar sus instrumentos científicos en condiciones extremas y realizar análisis detallados del regolito directamente en la Luna.

Transportar un rover de varios cientos de kilogramos cargado con estos instrumentos a la Luna, desplazarlo y medir las muestras recolectadas in situ es un proyecto complejo

AAW, Adaptación con información de fuentes abiertas, internet.

<https://danielmarin.naukas.com/2024/11/19/la-sonda-chandrayaan-5-lupex-india-y-japon-explorando-juntos-el-polo-sur-de-la-luna/>

<https://global.jaxa.jp/activity/pr/jaxas/no092/02.html#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20futuro%20ilumina%20el%20proyecto,vez%20en%20cuando%20en%20SNS.>

<https://global.jaxa.jp/activity/pr/jaxas/no092/02.html>

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 37 / 2025

Santiago, 28 de octubre de 2025

LIMITACIONES LEGALES DE LA EXPLOTACIÓN MINERA EN EL ESPACIO



Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 10 Min. de lectura

¿Cómo puede una empresa minera lunar reclamar acceso exclusivo a un cráter rico en recursos cerca del polo sur lunar para atraer inversión pública o privada?



Ilustración de una operación de minería espacial futurista generada para SpaceNews a través de DALL-E.

Si una empresa desea extraer agua o helio-3 de un cráter cercano al polo sur de la Luna, necesita garantías de que podrá operar de forma exclusiva en esa zona durante el tiempo necesario para recuperar su inversión y construir la infraestructura adecuada. En la Tierra, este problema se resuelve con relativa facilidad: los gobiernos otorgan derechos de explotación mediante concesiones o contratos de arrendamiento. Pero en el espacio, la situación es mucho más compleja.

Desde 1967, el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre (OST) prohíbe que cualquier país reclame soberanía sobre la Luna o sobre cualquier otro cuerpo celeste. Esto significa que ninguna nación puede apropiarse de parte del territorio lunar, ni siquiera con fines comerciales. Esta restricción complica enormemente el establecimiento de reglas claras para actividades como la minería lunar.

En la economía global, los derechos de propiedad son fundamentales para el comercio y el desarrollo. Sin normas claras sobre quién puede utilizar qué recursos, por cuánto tiempo y bajo qué condiciones, resulta muy difícil atraer inversiones o planificar proyectos a largo plazo.

Si se quiere construir una economía real y sostenible en la Luna, en Marte o más allá, será indispensable desarrollar mecanismos que ofrezcan ciertos niveles de exclusividad operativa, sin violar los tratados internacionales existentes.

Algunos países, como Estados Unidos, han aprobado leyes nacionales —como la Ley de Competitividad del Lanzamiento Comercial Espacial de 2015— que permiten a las empresas privadas beneficiarse de los recursos que logren extraer en el espacio. Sin embargo, estas leyes no otorgan derechos de propiedad sobre el terreno lunar, lo que genera un marco legal incierto.

Una posible solución sería adaptar modelos ya existentes en la minería terrestre. En muchos países, el Estado otorga a empresas privadas permisos temporales para explotar recursos en terrenos públicos. Este enfoque podría trasladarse al contexto espacial: en lugar de hablar de “propiedad”, se podrían establecer “zonas de operación exclusiva”, con reglas claras, delimitaciones precisas y plazos definidos.



Para que este sistema funcione, sería necesario estandarizar los criterios técnicos para delimitar las zonas lunares.

Esto incluiría el uso de coordenadas exactas, la instalación de señales físicas visibles desde la órbita y la implementación de distancias mínimas entre operaciones para evitar conflictos o interferencias.

Sin embargo, el entorno lunar plantea nuevos desafíos que no existen en la Tierra. Por ejemplo, habría que considerar aspectos como la mitigación del polvo lunar, la gestión de zonas de sombra, la seguridad operativa y la protección de infraestructura crítica, como cables de energía o módulos de superficie.

También habría que ajustar los plazos y requisitos de desarrollo a las realidades técnicas de trabajar en el espacio, donde la construcción de instalaciones puede demorar años y depender de condiciones extremas.

Además, sería fundamental alcanzar consensos internacionales sobre estándares técnicos: desde los formatos de geocoordenadas hasta las formas aceptadas de señalización física en la superficie lunar.

El verdadero problema es definir qué enfoque regulatorio adoptar para permitir cierto grado de exclusividad a los futuros mineros espaciales, sin contradecir el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre.



Fuente: NASA

Un marco legal nacional podría ser aceptado por los países aliados o firmantes de los Acuerdos Artemis, pero es probable que enfrente críticas a nivel internacional y podría interpretarse como una forma de apropiación por uso u ocupación, algo expresamente prohibido por el OST.

Lograr un equilibrio entre el respeto al derecho espacial internacional y la creación de incentivos económicos reales será clave para el desarrollo sostenible de una economía fuera de la Tierra.

¿Quién debería definir estas reglas?

Si un país actúa de forma unilateral y reparte zonas lunares entre sus empresas, esto podría interpretarse como una apropiación encubierta, lo cual está prohibido por el Tratado del Espacio. Sin embargo, si se espera a que todos los países lleguen a un consenso multilateral, el desarrollo podría estancarse durante décadas.

Aunque ya existen empresas privadas interesadas en la minería lunar, también hay misiones de exploración como LUPEX que han comenzado a estudiar zonas estratégicas y de otros países como China, el obstáculo legal principal sigue siendo la falta de reconocimiento de derechos exclusivos sobre zonas específicas de la superficie lunar.

A corto plazo, las empresas que operan bajo jurisdicción estadounidense pueden tener una ventaja. La FAA, que regula los lanzamientos espaciales en EE. UU., puede denegar permisos para misiones que representen un riesgo para operaciones ya establecidas. Por ejemplo, si una empresa instala balizas o infraestructura costosa en una zona de trabajo, la llegada de otra nave podría dañarlos. Sin embargo, esta protección es limitada y temporal: cuando el acceso a la Luna se internacionalice, la FAA no podrá impedir que empresas o agencias de otros países accedan a esas mismas regiones.

Una opción sería esperar a las recomendaciones del grupo de trabajo de la ONU, que está estudiando el marco legal para la utilización de recursos espaciales y planea presentar una propuesta en 2027. Este camino sería el más representativo a nivel global, pero también el más lento, como se ha visto en el caso de la minería submarina, donde las negociaciones llevan décadas sin resultados concluyentes.

Otra posibilidad es avanzar mediante los Acuerdos Artemis, firmados por varios países que cooperan en la exploración lunar.

Estos acuerdos podrían incluir reglas comunes para gestionar el uso de recursos en la Luna. Sin embargo, su aceptación global es limitada: países como China y Rusia no los han firmado, lo que dificulta su legitimidad como base legal universal.



La NASA planea «la extracción y utilización de recursos espaciales» (foto: nasa.gov)

Desde otra perspectiva, algunos comparan este desafío con la gestión del espectro radioeléctrico y la asignación de órbitas para satélites. Así como el uso del espacio orbital debe coordinarse para evitar interferencias, también es necesario organizar las zonas de trabajo en la superficie lunar.

En ese sentido, el modelo de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) —que regula el uso de frecuencias y órbitas desde hace más de 50 años— podría servir como ejemplo para estructurar de forma justa y eficaz la futura minería lunar.

Pero con eso, hay nuevas preocupaciones y peligros que considerar en las restricciones de área en la superficie lunar, como la mitigación del polvo, la sombra, la seguridad operativa y la infraestructura de superficie, como los cables de energía.

Los plazos para el desarrollo de recursos tendrían que acomodarse a las complejidades de la instalación en un entorno espacial. Además, serían esenciales estándares acordados internacionalmente para formatos de geocoordenadas y la demarcación física de las áreas de operación lunar [preferiblemente visibles desde la órbita].

El verdadero problema es determinar qué enfoque regulatorio se debe adoptar para proporcionar exclusividad a los futuros mineros fuera de la Tierra, mientras se permanece en conformidad con el Tratado del Espacio Exterior. ¿Debería un país definir unilateralmente los "derechos administrativos"? Un marco nacional podría ser aceptado por los cercanos socios de los Acuerdos Artemis, pero probablemente enfrentaría críticas internacionales y podría ser visto como una forma de apropiación "por medio del uso u ocupación", prohibida por el OST.

Conclusión.

El desarrollo de la superficie lunar y, más adelante, de Marte, es inevitable. Esto sucederá de una u otra forma: o bien dentro de un marco de libre mercado basado en principios terrestres ya probados, o bajo un sistema ad hoc donde regímenes autoritarios se anexionen grandes zonas por decreto y las defiendan de manera agresiva.

La carrera por conquistar y explotar la Luna y Marte ya ha comenzado. Por eso, la gobernanza democrática basada en reglas claras no debe permitir que ninguno de estos cuerpos celestes quede bajo el control exclusivo de un solo país o de rivales geopolíticos.

Los Acuerdos Artemis marcaron un primer paso importante al afirmar que los recursos del espacio pueden ser extraídos y utilizados sin violar el Tratado del Espacio Exterior.

Aprovechar los derechos administrativos que estos acuerdos contemplan puede ayudar a que Estados Unidos y los países que los han firmado impulsen el desarrollo lunar y marciano con recursos sólidos y flexibilidad.

El reconocimiento mutuo de estos derechos podría iniciarse entre los países firmantes de los Acuerdos Artemis, o incluso con un grupo más reducido enfocado en naciones que ya han adoptado políticas avanzadas de minería espacial, como Japón, Luxemburgo y los Emiratos Árabes Unidos.

AAW

[Navigating the legal landscape of space mining: interpreting international space law - SpaceNews](#)

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 38 / 2025

Santiago, 6 de noviembre de 2025

MISIÓN TIANWEN-2: EXPLORACIÓN DE ASTEROIDE Y COMETA



Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 06 Min. de lectura

Las misiones robóticas Tianwen, se centran en explorar y traer muestras de asteroides y otros planetas. Taiwen-1 desplegó el 22 de mayo de 2021 el primer rover chino en la superficie de Marte (CEEAA), Tianwen-2 traerá las primeras muestras del cuasisatélite Kamo'oalewa a finales de 2027, Tianwen-3 traerá muestras del suelo marciano, Tianwen-4 explorará Júpiter y una de sus lunas.

La sonda Tianwen-2 es la primera de las lanzadas por China con propulsión iónica. No solo va camino de un asteroide cercano para traer muestras a la Tierra: su viaje de una década también, incluye explorar un cometa del cinturón principal, lo más lejos que habrá llegado una nave china.

Esta sonda interplanetaria fue lanzada al espacio el 28 de mayo de 2025 desde el Centro de Lanzamiento de Satélites de Xichang, en el suroeste de China, mediante un cohete CZ-3B. Se trata de la cuarta misión de retorno de muestras de un asteroide tras las japonesas Hayabusa y Hayabusa 2 y la estadounidense OSIRIS-REx. (CEEAA)



Modelo de la Tianwen 2 (CNSA).

Misión Tianwen 2.

La misión Tianwen-2, desarrollada por China, tiene previsto llegar en julio de 2026 al asteroide 469219 Kamo'oalewa (2016 HO3), donde permanecerá durante siete meses realizando estudios científicos y recolectando muestras. Si todo transcurre según lo

planeado, a finales de 2027 una cápsula con las muestras aterrizará en la región de Mongolia Interior, en China. Posteriormente, la sonda utilizará la gravedad terrestre para impulsarse hacia su siguiente destino: el cometa 311P/PANSTARRS, al que llegaría en 2035 tras un viaje de seis años.



*Imagen de uno de los paneles solares circulares
de la TW-2 publicada el 6 de junio (CNSA).*

Tianwen-2 integra un conjunto de 11 cargas útiles científicas diseñadas para el estudio detallado de cuerpos menores. Entre estas se incluyen:

- **Espectrómetros multiespectrales y de infrarrojo cercano (NIR):** para caracterización composicional de la superficie mediante firmas espectrales diagnósticas de minerales, materia orgánica y compuestos volátiles.
- **Cámaras ópticas de alta resolución:** para mapeo morfológico, cartografía geológica y detección de características superficiales relevantes para operaciones de muestreo.
- **Radar de penetración de subsuelo:** orientado a la obtención de datos estratigráficos, determinación de porosidad, estructuras internas y posibles heterogeneidades.
- **Magnetómetro vectorial:** para la detección de campos magnéticos remanentes, con implicaciones en el historial térmico y estructural del cuerpo.
- **Analizadores de polvo y espectrómetros de masas de gases neutros:** destinados al estudio de posibles emisiones cometarias o procesos de desgasificación.
- **Detectores de partículas cargadas (electrones, protones, iones pesados):** para el análisis de la interacción con el viento solar y del entorno espacio-interplanetario local.

La nave espacial intentará hasta tres métodos de muestreo: muestreo estacionario, que consiste en recolectar muestras con un brazo robótico mientras se adapta a la rotación del asteroide; toma de contacto (TAG), utilizando un cabezal de cepillo giratorio; y muestreo anclado, en el que las patas de aterrizaje utilizarían taladros en sus extremos para presionar el asteroide, si la composición de la superficie y el terreno lo permiten. El enfoque TAG fue utilizado tanto por OSIRIS-REx de la NASA como por Hayabusa2 de la JAXA.

El análisis de las muestras tiene como objetivo revelar la naturaleza y el origen del asteroide (que posiblemente sea un trozo de la luna arrojado al espacio tras un impacto), analizar su contenido mineral y proporcionar comparaciones valiosas con otros asteroides.



Imagen de la Tierra y la Tianwen 2 tomada poco después de su lanzamiento y publicada el 1 de octubre de 2025 (CNSA).

Aunque, China ha completado con éxito dos misiones de retorno de muestras lunares — incluida la recolección desde la cara oculta de la Luna mediante Chang'e 6—, las misiones de encuentro con asteroides, como la planeada Tianwen-2, presentan desafíos significativamente distintos en términos de navegación, dinámica orbital y recolección de muestras.

A diferencia de los cuerpos planetarios relativamente grandes y con campos gravitatorios bien caracterizados, los asteroides son objetos pequeños, de formas irregulares, con campos gravitacionales extremadamente débiles y rotaciones complejas. En este contexto, Tianwen-2 deberá ejecutar maniobras de sobrevuelo, aproximación y sincronización de velocidad y rotación con una precisión milimétrica para lograr operaciones de muestreo exitosas. Se trata de un proceso análogo a intentar acoplarse con una masa rocosa en rotación caótica, flotando en un entorno microgravitatorio.

Estas operaciones exigen un alto grado de autonomía a bordo, navegación óptica avanzada, control de actitud preciso y planificación detallada de trayectorias no keplerianas alrededor de un cuerpo con parámetros físicos escasamente conocidos hasta el acercamiento.

Cuasisatélite Kamo'oalewa

Un cuasisatélite es un objeto celeste que orbita el Sol, pero que permanece cerca de un planeta durante largos periodos de tiempo, pareciendo acompañarlo en su movimiento. No orbita directamente al planeta, como lo hace la Luna, pero su trayectoria lo mantiene vinculado gravitacionalmente de manera especial.



Asteroide 469219 Kamo'oalewa.

Fuente: The Solar System Wiki

Kamo'oalewa (o 2016 HO3), es un pequeño asteroide cercano a la Tierra (NEA) que se comporta de manera muy particular que se le denomina un cuasisatélite de la Tierra, siendo el más estable de los cinco cuasisatélites conocidos de la Tierra, con una vida dinámica de unos pocos cientos de años, que fue descubierto en el año 2016 por el PanSTARRS hawaiano, un telescopio diseñado para cubrir grandes cantidades de cielo nocturno e identificar asteroides o cometas que puedan representar un peligro para el planeta. Kamo'oalewa que mide entre 40 metros y 100 metros de diámetro, con una distancia mínima con respecto a la Tierra de entre 14 y 40 millones de kilómetros dependiendo de su posición orbital, con un brillo muy tenue y con una órbita tan excéntrica, que solo se puede ver unas pocas semanas durante el mes de abril y se sospecha que se origina de la Luna de donde habría salido despedido tras un impacto.

311P/PANSTARRS

El cometa 311P/PANSTARRS, también llamado P/2013 P5, es un objeto del sistema solar que parece un asteroide, pero actúa como un cometa. Se encuentra en el cinturón de asteroides, entre Marte y Júpiter, pero expulsa polvo como un cometa, lo que lo convierte en un tipo especial de objeto conocido como asteroide activo o cometa del cinturón principal.

Fue descubierto el 27 de agosto de 2013 por el telescopio Pan-STARRS en Hawái y se encuentra ubicado en el cinturón de asteroides, no viene desde los bordes del sistema solar como los cometas tradicionales.



Comet 311P/PANSTARRS Two Hubble Space Telescope images of Comet 311P/PANSTARRS. NASA, ESA, D. Jewitt

Cuando lo observaron con el Telescopio Espacial Hubble, vieron que tenía varias colas de polvo (hasta 6 o más), como un abanico. Pero no se comportaba como un cometa típico ya que no tiene gas ni hielo visible saliendo como los cometas comunes, si no que parece que el polvo se desprende por rotación debido a que gira tan rápido que va soltando pedacitos de su superficie, como si se desmoronara por la fuerza centrífuga. Lo anterior, podría deberse a un efecto llamado YORP, donde la luz del Sol lentamente cambia la velocidad de rotación del asteroide.

No se ha detectado hielo ni vapor de agua. Por eso, se cree que su actividad no es causada por sublimación, como en los cometas normales, sino por otros procesos físicos (como la rotación rápida o posibles mini colisiones).

Conclusión

La misión al asteroide y al cometa proporcionará a China una gama de experiencia y conocimientos en diseño y operaciones de misiones, como el avance de la autonomía de las naves espaciales, la navegación, la planificación de órbitas y las tecnologías de muestreo en entornos extremadamente desafiantes,

El valor científico del retorno de muestras de asteroides es considerable. Misiones como Rosetta, Hayabusa2 y OSIRIS-Rex, han demostrado que estos cuerpos primitivos del Sistema Solar pueden contener compuestos orgánicos complejos, incluidos aminoácidos y nucleobases. Estos hallazgos respaldan la hipótesis de que los asteroides habrían contribuido a la entrega de precursores químicos para la vida en la Tierra primitiva.

Tianwen-2 busca impulsar las capacidades de exploración planetaria de China y profundizar nuestra comprensión de los cuerpos planetarios pequeños y su evolución. También, podría contribuir a la defensa planetaria y esclarecer el origen de la vida.

AAW

<https://spacenews.com/china-launches-tianwen-2-asteroid/>

<https://danielmarin.naukas.com/2025/10/02/tianwen-2-/>

<https://www.xataka.com/espacio/a-14-5-millones-distancia>

<https://www.xataka.com/espacio/nasa-se-enfrenta-a-cancelacion-41-misiones-china-esta-haciendo-autenticas-virguerias-espacio>

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 39 / 2025

Santiago, 11 de noviembre de 2025

LA FAA PÚBLICA LA NORMA “MOSAIC”

“MODERNIZACIÓN DE LA CERTIFICACIÓN DE

AERONAVEGABILIDAD ESPECIAL”



Por Victor Villalobos. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 min de lectura.

La Administración Federal de Aviación (FAA) ha finalizado su anhelada norma de Modernización de la Certificación de Aeronavegabilidad Especial (MOSAIC). Esta norma publicada el 22 de julio de 2025, modifica ampliamente la categoría de Aeronaves Deportivas Ligeras (LSA) y los privilegios de los pilotos deportivos. Esta norma fue presentada en el espectáculo aéreo organizado por la Asociación de Aeronaves Experimentales (EAA) en el AirVenture Oshkosh. Esta es la actualización más radical de las regulaciones para aeronaves pequeñas desde 2004, la que entrará en rigor el 24 de enero de 2026, luego de tres años sometida a consulta pública.

¿Qué es MOSAIC?

MOSAIC (Modernization of Especial Airworthiness certification), significa Modernización de la Certificación de Aeronavegabilidad Especial. Se trata de una revisión integral de la normativa de la Administración Federal de Aviación que busca ampliar la definición y los privilegios de las aeronaves deportivas ligeras.

En esencia, la norma MOSAIC elimina muchas de las antiguas restricciones de las Aeronaves Deportivas Ligeras y las reemplaza con criterios basados en el rendimiento.



Estos son los cambios clave de la Norma MOSAIC.

No más límite de peso de 600 Kg. (1.320 Lb.)

En lugar de un límite de peso estricto, un LSA ahora se definirá principalmente por su velocidad de pérdida. Se espera que la nueva regla establezca una velocidad máxima de pérdida limpia en torno a los 54-61 nudos (valor exacto en la regla final ~61 KCAS). Esto significa que una aeronave que puede volar lentamente (es decir, tiene baja velocidad de pérdida) puede calificar como un LSA independientemente de su peso. En la práctica, muchos aviones más pesados que antes estaban excluidos ahora caerán en el territorio de los LSA si tienen un manejo suave a baja velocidad. De hecho, las estimaciones sugieren que hasta el 70% de todos los modelos monomotores de pistón podrían cumplir los nuevos criterios de LSA. Según las normas actuales de LSA, por ejemplo, un Cessna 152 no cumple los requisitos porque tiene un peso bruto superior a 600 kilogramos. Las nuevas normas permitirán los modelos 150 y 152, así como los Cessna 172, 172RG, 170, 180 y algunos 182.

Aviones más grandes, más rápidos y con mayor capacidad.

Las antiguas reglas de LSA prohibían cosas como tren de aterrizaje retráctil, hélices de velocidad constante o más de dos asientos. MOSAIC los descarta. Ahora, los LSA pueden tener hasta 4 asientos, tren de aterrizaje retráctil, hélices de paso ajustable e incluso propulsión alternativa (por ejemplo, eléctrica o híbrida). Ya no hay un límite de velocidad estricto: algunos LSA podrían, en teoría, acercarse a un rendimiento de 200 a 250 nudos si aún cumplen con la velocidad de pérdida y otros criterios.

Tipos de aeronaves considerados.

Otro cambio importante es la eliminación de la restricción que obliga a las LSA a utilizar motores de combustible convencional, lo que abrirá la puerta a futuros desarrollos de propulsión eléctrica, híbrida, turbohélice, entre otros. Además, se ampliará la categoría para incluir helicópteros y aeronaves de despegue y aterrizaje vertical (VTOL) con propulsión eléctrica. Las normas de certificación se basarán en el estándar internacional American Society for Testing and Material (ASTM), referidas a las normas de consenso de aeronavegabilidad en aeronaves deportivas livianas, lo que facilitará la certificación de nuevas aeronaves en todo el mundo, dado que el estándar es de alcance global.



Algunos usos comerciales permitidos.

Si bien los LSA siguen estando destinados principalmente al uso personal, la norma final introduce oportunidades comerciales limitadas para ciertas operaciones de "trabajo aéreo". Las actividades permitidas incluyen: Fotografía aérea y topografía, Remolque de pancartas y publicidad aérea, Patrulla de oleoductos, líneas eléctricas y agricultura, Búsqueda y rescate y Remolque de planeador.

MOSAIC reduce los costos de capacitación a nuevos pilotos.

Uno de los mayores impactos de MOSAIC será el costo de la formación de vuelo. Aprender a volar ha sido históricamente caro, pero MOSAIC aborda directamente algunos factores clave de costo.

Habrán aviones de entrenamiento más económicos, ya que los nuevos estándares de certificación de MOSAIC, permitirán a los fabricantes producir aeronaves bajo las normas de consenso ASTM (un proceso más sencillo y económico) en lugar de la certificación completa de la Parte 23 de la FAA. Esto significa que se pueden construir nuevos aviones de entrenamiento de 2 a 4 plazas por aproximadamente la mitad del precio de compra de los entrenadores tradicionales actuales. Por ejemplo, un Cessna 172 nuevo (entrenador tradicional de 4 plazas) cuesta entre 600.000 y 700.000 dólares, mientras que un LSA moderno como el SportCruiser (Foto) tiene un costo de entre 250.000 y 350.000 dólares.



SportCruiser

Los LSA suelen ser más eficientes en el consumo de combustible y tienen menores costos de mantenimiento que los aviones más antiguos. Por ejemplo, un LSA con motor Rotax puede consumir unos 19 litros por hora de gasolina de automóvil, mientras que un Cessna 172 consume más de 32 litros de avgas 100LL por hora, el doble en costo.

En lo referido al mantenimiento, este es más económico. Los motores modernos y los fuselajes compuestos tienen una vida útil más larga y menos costosas revisiones (los operadores informan que destinan solo entre 5 y 10 dólares por hora a un motor de una aeronave LSA, frente a los más de 100 dólares por hora que un motor Skyhawk nuevo).

El camino será más corto para la obtención de una licencia. La licencia de Piloto Deportivo es la vía más corta y económica para convertirse en piloto. Requiere un mínimo de 20 horas de vuelo (por normativa) frente a las 40 horas de una licencia de Piloto Privado.

En la actualidad una licencia de Piloto Deportivo tiene limitaciones (diurna, sin vuelo instrumental, etc.), pero con la norma de MOSAIC accede al vuelo nocturno, accede a volar en espacio aéreo controlado.

En cuanto al certificación médica, se mantendrá la filosofía de que no se requiere un certificado médico aeronáutico separado, sino que se permite la licencia de conducir de automóvil. Con MOSAIC, potencialmente permite a los pilotos deportivos hacer más (incluso vuelo IFR con la capacitación adecuada), la flexibilidad médica atraerá a más entusiastas que pensaban que no podrían convertirse en pilotos.

La Certificación.

Un aspecto clave de la norma MOSAIC es el uso del proceso de Declaración de Cumplimiento (SOC) en lugar de los tradicionales Certificados de Tipo (TC) y Certificados de Producción (PC), reservados para aeronaves con certificación de tipo en categorías como normal, utilitaria, acrobática, de cercanías y de transporte. Este enfoque de certificación proporciona una vía de comercialización más flexible y eficiente para las aeronaves LSA, reduciendo significativamente las cargas regulatorias y los costos para los fabricantes que desarrollan y fabrican aeronaves de la categoría LSA.

Características de seguridad.

Las aeronaves deportivas ligeras modernas suelen incluir mejoras de seguridad como paracaídas balísticos de fuselaje completo, sistemas de alerta de pérdida por ángulo de ataque y alertas de terreno/tráfico basadas en GPS. La norma MOSAIC fomenta este tipo de tecnología de seguridad al dar a los diseñadores mayor libertad para añadir sistemas que antes eran demasiado avanzados para las aeronaves LSA.

La norma MOSAIC de la FAA, marca el inicio de una nueva era en la Aviación General. Al ampliar la definición de aeronaves deportivas ligeras y nuevas alternativas para volar disponibles, tanto para los nuevos pilotos como pilotos antiguos. En relación a los costos de capacitación serán más bajos, las aeronaves compatibles con MOSAIC reducirán el costo por hora de vuelo.

Las flotas de aviones serán más modernas, las que incorporarán alta tecnología, seguridad e Innovación, al fomentar nuevos aviones diseñados con menores requisitos de certificación. La FAA señala que estos cambios revitalizarán la aviación general y simplificarán los vuelos, lo que se traduce en mayor seguridad.

La norma MOSAIC refleja el reconocimiento de la FAA de los avances tecnológicos y la necesidad de un enfoque regulatorio más flexible, con visión de futuro y basado en el rendimiento. La regla final presenta nuevas oportunidades para el trabajo aéreo, el entrenamiento de vuelo y los diseños de aeronaves innovadores, con amplios impactos en toda la industria de la aviación.



Que pasa en Sudamérica y en Chile.

En Sudamérica no aparece ninguna iniciativa al respecto, como descrita parecida a la norma MOSAIC. En el caso de Chile, existe la Norma Aeronáutica DAR 150 de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), donde establece los requisitos para la operación de Aeronaves Deportivas Livianas (LSA). Esta norma define qué es una LSA, sus limitaciones operacionales, las marcas de nacionalidad y matrícula, los requisitos de aeronavegabilidad y los procedimientos de mantenimiento y registro.

Hoy en día, la tecnología ha superado a las antiguas normas. La FAA lo reconoció y propuso MOSAIC para modernizar las regulaciones.

VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet, FAA, FLT Academy, AOPA, aviación digital, DLA piper.

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 40 / 2025

Santiago, 13 de noviembre de 2025

NAVE EXPERIMENTAL REUTILIZABLE DE CHINA



Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 6 Min. de lectura

Las naves espaciales reutilizables representan un avance importante en la tecnología espacial, ya que pueden reducir costos y aumentar la frecuencia de las misiones.

Aunque China no ha divulgado fotografías ni detalles específicos de la nave, que aún no tiene nombre, los medios de comunicación oficiales chinos se han referido a ella simplemente como una “nave experimental reutilizable”. Algunos analistas creen que podría estar relacionada con el proyecto Shenlong, una iniciativa que China lleva desarrollando desde hace dos décadas.

Avión Espacial Shenlong

En 2007 se publicaron las primeras fotos del prototipo del avión espacial Shenlong (que significa “dragón divino”), aunque el programa aparentemente comenzó en 2005.



Prototipo Shenlong de avión espacial/hipersónico bajo la panza de un bombardero H-6K. Imagen de 2007 (chinaspaceflight.com).

Con un peso estimado entre 3 y 7,5 toneladas y una longitud de aproximadamente 8,5 a 10 metros, el vehículo era transportado bajo el fuselaje de un bombardero H-6.

En enero de 2011, se habría realizado al menos una prueba de planeo y aterrizaje tras soltarse de su avión nodriza. Sin embargo, otras fuentes indican que la prueba atmosférica ocurrió en 2005 y que entre 2009 y 2011 se realizaron uno o más vuelos suborbitales.

La supuesta prueba del Shenlong en 2011 ocurrió menos de un año después de la primera misión orbital del X-37B (CEEAA), el transbordador militar de la Fuerza Aérea de Estados Unidos. Por ello, muchos observadores interpretaron que Shenlong sería la respuesta china a este vehículo, y que sus primeros vuelos espaciales estaban próximos. Sin embargo, los lanzamientos orbitales no se concretaron, y el programa Shenlong desapareció prácticamente de los medios oficiales sin dejar rastro.

Nave Experimental Reutilizable

La Corporación de Ciencia y Tecnología Aeroespacial de China, ha desarrollado un planeador espacial reutilizable experimental que ha completado tres misiones, realizando lo que los observadores consideran operaciones de encuentro y proximidad, además de liberar pequeños satélites u objetos en órbita.

Su masa se estima en alrededor de 5 toneladas, similar a la del X-37B (aunque el cohete CZ-2F puede colocar hasta 8,5 toneladas en órbita terrestre baja, pero en una órbita más baja y menos inclinada).

China ha mantenido un estricto secreto sobre esta nave, que se cree análoga al X-37B (CEEAA). Ambas naves fueron lanzadas con apenas dos semanas de diferencia en diciembre de 2023. La nave experimental reutilizable realizó su reentrada en septiembre de 2024, mientras que el X-37B continuó sus operaciones.

Dado que la nave experimental reutilizable no puede llegar a la órbita por sus propios medios, se emplea un cohete con capacidad para colocar poco más de ocho toneladas métricas en órbita terrestre baja, lo que sugiere que la nave es similar en tamaño y función al X-37B de la Fuerza Aérea de Estados Unidos.

Esta hipótesis se reforzó con la publicación en la red social Sina Weibo de imágenes de los restos de la cofia recuperada tras el segundo lanzamiento. Estas imágenes ofrecen posibles pistas sobre las dimensiones y la forma de la nave espacial.



Las protuberancias de la cofia del CZ-2F que lanzó el avión orbital son compatibles con una nave casi idéntica al X-37B (Twitter: @CloserToSpace/Giuseppe De Chiara).

De acuerdo con diversas fuentes, la nave experimental reutilizable formaría parte de un sistema de transporte espacial más amplio, compuesto por vehículos complementarios capaces de realizar operaciones tanto orbitales como suborbitales. En este contexto, se contempla su operación conjunta con una primera etapa suborbital reutilizable, diseñada bajo un perfil de despegue vertical y aterrizaje horizontal (VTVL-HTHL). Esta etapa suborbital, fue probada por primera vez en 2021, seguida de una segunda misión en agosto de 2022.

Los Vuelos

El vuelo inaugural de la nave experimental reutilizable tuvo lugar en 2020 y tuvo una duración de dos días, mientras que la segunda misión, realizada en 2022, se extendió por 276 días. En ambas misiones se registró el despliegue de un objeto en órbita. El intervalo entre ambas operaciones fue de un año y once meses.

El tercer lanzamiento se produjo apenas siete meses después del retorno de la nave tras su segunda misión, lo que indica un avance significativo en la reducción del tiempo de reacondicionamiento entre vuelos. Este progreso sugiere que la Corporación de Ciencia y Tecnología Aeroespacial de China (CASC), responsable del desarrollo, ha mejorado sustancialmente los procedimientos asociados a la reutilización del vehículo espacial.

Primer vuelo

El 4 de septiembre de 2020, China lanzó al espacio la nave experimental reutilizable en lo que constituyó su primera misión. El lanzamiento se realizó mediante un cohete Larga Marcha CZ-2F/T desde el Centro de Lanzamiento de Satélites de Jiuquan, en un operativo caracterizado por un alto grado de secretismo: no se publicaron imágenes oficiales ni se anunció públicamente la hora del despegue.

Medios occidentales interpretaron que se trataba de una nave con alas, posiblemente una versión china del vehículo espacial experimental estadounidense X-37B.

La nave fue insertada en una órbita baja terrestre de aproximadamente 340 kilómetros de altitud y una inclinación de 49,9 grados. El aterrizaje se produjo el 6 de septiembre de 2020, dos días después del lanzamiento, en una pista de casi 5 kilómetros de longitud ubicada en una zona remota de la Región Autónoma de Xinjiang. Poco antes de la reentrada atmosférica, la nave habría desplegado un pequeño satélite.

Segundo vuelo

La nave experimental reutilizable fue lanzada el 4 de agosto de 2022 mediante un cohete Larga Marcha CZ-2F, desde el Centro de Lanzamiento de Satélites de Jiuquan.

Aproximadamente 90 días después del lanzamiento, el 18º Escuadrón de Defensa Espacial de la Fuerza Espacial de los Estados Unidos informó que la nave habría liberado un objeto "de naturaleza desconocida", posiblemente un pequeño satélite complementario, aunque las autoridades chinas no confirmaron esta información.

La CASC comunicó que la nave aterrizó el 8 de mayo de 2023, tras permanecer 276 días en órbita. Sin embargo, los detalles operativos, incluida la ubicación exacta de la pista de aterrizaje, no fueron revelados.

Debido a la coincidencia temporal entre esta misión y el vuelo del avión suborbital AT-1B, algunos analistas han planteado la posibilidad de que ambos formen parte de un sistema de lanzamiento en dos etapas hasta la órbita (TSTO, por sus siglas en inglés), donde el AT-1B funcionaría como primera etapa, y la nave experimental, en conjunto con un propulsor adicional, como segunda etapa. No obstante, esta hipótesis no ha sido confirmada y podrían tratarse de desarrollos independientes.

Durante esta misión se observaron imágenes de la cofia utilizada por el CZ-2F, recuperadas tras caer cerca de una zona habitada. Estas mostraban cuatro protuberancias inusuales, cuya geometría fue analizada por la cuenta @ClosertoSpace en la red social X (antes Twitter), sugiriendo que las mismas podrían corresponder a las superficies aerodinámicas de una nave espacial similar al avión militar estadounidense X-37B.



Restos de la cofia del CZ-2F que lanzó el avión orbital chino. Se aprecian las protuberancias exteriores que podrían servir para albergar las puntas de las superficies aerodinámicas (TikTok: @hnsjdyzx).

Tercer Vuelo

Bajo un estricto hermetismo, la nave espacial experimental reutilizable fue lanzada el 14 de diciembre de 2023 mediante un cohete Larga Marcha CZ-2F, desde el Centro de Lanzamiento de Satélites de Jiuquan. Este tercer lanzamiento se realizó siete meses después de la finalización de la segunda misión y colocó la nave en órbita terrestre baja.

Durante el transcurso de la misión, se efectuaron verificaciones de tecnologías de reutilización, así como experimentos de ciencia espacial, según lo planificado, con el objetivo de proporcionar apoyo técnico al desarrollo de capacidades espaciales de uso pacífico.

El vehículo permaneció en operación estable durante varios meses y realizó una maniobra de elevación orbital antes de liberar un objeto, catalogado por primera vez por la Fuerza Espacial de los Estados Unidos el 24 de mayo de 2024. La nave completó su misión y aterrizó en septiembre de 2024, aunque no se ha divulgado oficialmente la ubicación del sitio de aterrizaje.



Posible aspecto del avión espacial reutilizable (Weibo).

Resumen

Independientemente de la naturaleza específica del vehículo, resulta evidente que China está apostando decididamente por el desarrollo de sistemas de lanzamiento y vehículos espaciales reutilizables con configuración alada, una tecnología que durante años pareció haber quedado relegada.

Cabe destacar que China carece de una trayectoria consolidada en el desarrollo de vehículos espaciales alados reutilizables. Por tanto, una nave de dimensiones reducidas, como la actualmente en pruebas, puede desempeñar un papel clave como plataforma tecnológica, permitiendo la validación de subsistemas críticos como los escudos térmicos basados en losetas cerámicas, los sistemas de comunicación durante la reentrada, el planeo hipersónico controlado y los mecanismos de aterrizaje autónomo de precisión.

AAW

<https://danielmarin.naukas.com/2022/08/28/>

<https://spacenews.com/chinas-secretive-paceraft/>

<https://danielmarin.naukas.com/2020/09/06a/>

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 41 / 2025

Santiago, 26 de noviembre de 2025

EL ACCIDENTE DEL AI 171 DE AIR INDIA



Por Victor Villalobos. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 min de lectura.

Las imágenes del 12 de junio que han dado la vuelta al mundo muestran al avión Boeing 787-8 Dreamliner de Air India, al momento del despegue del aeropuerto de Ahmedabad, India. Con apenas medio minuto en el aire, comienza un descenso paulatino hasta caer sobre algunos edificios residenciales y convertirse en una imponente bola de fuego y en una espesa columna de humo.

Los interruptores de control de combustible cambiaron de la posición “funcionamiento” a “corte” de los motores del Boeing 787, precipitándose a tierra poco después del despegue, falleciendo 260 personas, en el avión y en tierra, según reveló un informe preliminar de investigación. El documento, emitido por la Oficina de Investigación de Accidentes Aéreos de India (AAIB), no brinda conclusiones definitivas sobre las causas del desastre del 12 de junio, pero proporciona nuevos detalles sobre los momentos finales del vuelo.



Los restos del avión Boeing 787-8 Dreamliner de Air India yacen fuera del Aeropuerto Internacional Sardar Vallabhbhai Patel de Ahmedabad. (REUTERS/Amit Dave)

El vuelo I171 de Air India, Boeing 787-8 Dreamliner se dirigía de Ahmedabad hacia Londres cuando se precipitó a tierra, falleciendo 241 de los 242 ocupantes a bordo y 19 personas en tierra (albergue del BJ Medical College and Hospital). Un pasajero británico sobrevivió milagrosamente al accidente y fue dado de alta tras recibir tratamiento médico.

Las grabaciones de la cabina de vuelo capturaron un intercambio desconcertante entre los pilotos: uno preguntó al otro por qué había cortado el combustible, pero su compañero negó haberlo hecho, creando un misterio que los investigadores aún intentan resolver.

Investigación técnica del informe.

El momento crítico ocurrió cuando el vuelo I171 Boeing 787-8 Dreamliner había alcanzado su velocidad máxima registrada durante el despegue. Los investigadores determinaron que los interruptores de control de combustible de ambos motores cambiaron súbitamente de la posición “RUN” (funcionamiento) a “CUTOFF” (corte) con apenas un segundo de diferencia entre uno y otro.

Este cambio provocó que los motores dejaran de recibir combustible inmediatamente. La grabación de la cabina de vuelo capturó un intercambio revelador: uno de los pilotos preguntó al otro: “¿por qué lo cortó?”, pero su compañero negó haberlo hecho.

Los investigadores no especificaron cuál de los dos pilotos hizo la pregunta ni cuál respondió. Lo que sí establecieron es que ambos interruptores requieren una acción deliberada para ser movidos, están diseñados para resistir el movimiento accidental y no pueden ser activados sin aplicar fuerza considerable.



Las imágenes de circuito cerrado del aeropuerto revelaron la activación automática de la turbina de aire dinámico (RAT) durante los primeros momentos del vuelo. Este dispositivo, que funciona como generador de emergencia, solo se despliega cuando los sistemas principales de energía fallan completamente.

TURBINA DE AIRE DINÁMICO (RAT) EN POSICIÓN EXTENDIDA



El registro cronológico muestra que a las 8:07 UTC la torre de control autorizó el despegue. Apenas dos minutos después, a las 8:09 UTC, los controladores escucharon la transmisión de emergencia “Mayday, Mayday, Mayday” desde la cabina.

Un detalle técnico significativo surgió del análisis de las palancas de empuje. Aunque fueron encontradas en posición de ralentí tras el impacto, los datos del grabador de vuelo mejorado confirmaron que permanecieron en posición de empuje de despegue hasta el momento del accidente.

La caja negra del avión, su registrador de datos de vuelo, mostró que la aeronave había alcanzado una velocidad de 180 nudos cuando los interruptores de combustible de ambos motores pasaron de la posición de funcionamiento a la de corte, según el informe. Los interruptores se accionaron con una diferencia de menos de un segundo, interrumpiendo el flujo de combustible.

En una grabación de audio de la caja negra, mencionada en el informe, se oye a uno de los pilotos preguntarle al otro por qué accionó los interruptores. El otro piloto responde que él no lo hizo. El informe no especifica quién era el piloto y quién el copiloto en la conversación. Segundos después, los interruptores del Boeing 787 Dreamliner se accionaron en sentido contrario para restablecer el suministro de combustible. Ambos motores lograron encenderse de nuevo, y uno de ellos comenzó a recuperarse, según el informe, pero ya era demasiado tarde para detener el vertiginoso descenso del avión. Al momento del impacto, uno de los motores había logrado reencenderse, pero no había recuperado potencia suficiente, mientras que el otro motor estaba en proceso de reencendido. Ambos interruptores de combustible, fueron hallados en posición “RUN” entre los restos.

La Administración Federal de Aviación de Estados Unidos (FAA, por sus siglas en inglés), había emitido en diciembre de 2018 un boletín especial dirigido a operadores de Boeing 737 sobre un problema similar. El documento alertaba sobre casos donde los interruptores de control de combustible habían sido instalados sin la función de bloqueo activada. Aunque el Boeing 787-8 utiliza el mismo diseño de interruptor, la FAA no consideró esta situación como una “condición insegura” que requiriera una directiva de cumplimiento obligatorio. El boletín tenía carácter consultivo. Air India confirmó a los investigadores que no había realizado las inspecciones sugeridas en el boletín, explicando que al ser de carácter consultivo y no

obligatorio, no las consideró necesarias. La aerolínea sí cumplía con todas las directivas de aeronavegabilidad y boletines de alerta obligatorios.

La investigación preliminar no identificó defectos en los motores GE GENx-1B, (El motor izquierdo fue instalado el 26 de marzo y el derecho el 1 de mayo) ni en el diseño del Boeing 787-8. Por tal razón, no se emitieron recomendaciones para otros operadores.

En relación a la tripulación y a la aeronave Boeing 787-8 Dreamliner, la tripulación estaba compuesta por el capitán del vuelo, piloto de 56 años de edad con más de 15.000 horas de vuelo y el primer oficial de 32 años y más de 3.400 horas de vuelo.

La investigación descartó factores relacionados con la preparación del vuelo. Los dos pilotos habían cumplido con los períodos de descanso reglamentarios antes de reportarse al servicio. Ambos pasaron satisfactoriamente las pruebas de alcoholemia que son obligatorias antes de cada vuelo.

La aeronave estaba dentro de los límites de peso permitidos para el despegue. No transportaba mercancías peligrosas que pudieran haber contribuido al accidente. Las condiciones meteorológicas eran normales, sin reportes de tormentas o vientos adversos.



Los investigadores analizaron muestras de combustible tanto de los camiones de abastecimiento como de los tanques de almacenamiento utilizados para llenar la aeronave. Todas las pruebas resultaron normales. El control de fauna del aeropuerto confirmó que no había actividad inusual de aves en la zona durante el despegue.

Los próximos pasos en la investigación.

Los restos del avión del Boeing 787-8 Dreamliner accidentado fueron trasladados a un área segura dentro del aeropuerto de Ahmedabad, para su análisis detallado. Ambos motores fueron recuperados y almacenados en un hangar especializado bajo estrictos protocolos de seguridad.

Los investigadores lograron recuperar pequeñas cantidades de combustible del filtro de la unidad de energía auxiliar y de la válvula de reabastecimiento del ala izquierda. Estas muestras serán enviadas para un análisis químico completo.

El grabador de vuelo aerotransportado mejorado fue recuperado exitosamente y los datos están siendo procesados por especialistas. Este análisis podría proporcionar información crucial sobre las acciones de la tripulación y el comportamiento de los sistemas durante los momentos críticos. El ministro de aviación civil Ram Mohan Naidu Kinjarapu enfatizó que este es solo el informe preliminar. “Ahora debemos esperar el informe final para obtener conclusiones definitivas”, declaró el ministro.

La empresa Boeing expresó su compromiso de continuar apoyando la investigación. Air India reiteró su cooperación total con todas las autoridades involucradas en el proceso investigativo.

Para las familias afectadas, el informe genera más preguntas que respuestas. Suresh Mistry, padre de una víctima, cuestionó cómo un problema interno de la aeronave pudo pasar desapercibido cuando “hasta los automóviles modernos alertan sobre fallas mecánicas”.

Debemos esperar el informe final del accidente, hay muchas incógnitas no resueltas, por lo tanto, no se pueden sacar conclusiones apresuradas de las causas del accidente.

VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet, cnn, infobae, informe de la AAIB.

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 42 / 2025

Santiago, 02 de diciembre de 2025

RADAR RENDEZVOUS Y OPERACIONES DE PROXIMIDAD (RPO)

Y RADAR DE ONDA MILIMÉTRICA (mmWave)



Por Álvaro Aguirre. Director de Asuntos Satelitales. 05 Min. de lectura

El último Informe sobre el Entorno de Basura Espacial emitido por la Oficina de Basura Espacial de la ESA publicado el 31/03/2025, con actualizaciones sobre las estadísticas de conjunción durante 2024 y la introducción del umbral de sostenibilidad orbital para el índice de salud del entorno espacial publicado el 21/10/25, da a conocer que el número de objetos estimados en órbita según modelos estadísticos (MASTER-8, población de referencia 08/2024) es de 54.000 objetos espaciales mayores de 10 cm (incluyendo aproximadamente 9.300 cargas útiles activas), 1,2 millones de objetos de desechos espaciales de más de 1 cm a 10 cm, 140 millones de objetos de desechos espaciales de más de 1 mm a 1 cm.



En las últimas décadas, la actividad humana en el espacio ha experimentado un crecimiento exponencial. La proliferación de satélites en la órbita baja terrestre (LEO), impulsada principalmente por las mega-constelaciones de comunicaciones, la expansión de misiones científicas y comerciales, y los frecuentes eventos de fragmentación ha incrementado drásticamente la densidad de objetos espaciales, así como el riesgo de colisiones catastróficas, en especial con los micro-fragmentos menores de 1 cm, que no pueden ser rastreados desde la Tierra, pero que poseen suficiente energía para inutilizar un satélite.

En este escenario, tecnologías como los radares para Operaciones de Rendezvous and Proximity (RPO) y los radares de onda milimétrica (mmWave) para la detección de micro-desechos se han convertido en herramientas esenciales para proteger la infraestructura espacial y garantizar la sostenibilidad del entorno orbital. Estas soluciones no solo mejoran la seguridad operativa de satélites y naves, sino que también constituyen la base tecnológica para futuras capacidades autónomas de navegación y mitigación de riesgos.

Ambas tecnologías, aunque distintas en propósito, convergen en un objetivo común: dotar a las plataformas espaciales de una autonomía creciente en un entorno cada vez más complejo. Dependar exclusivamente del seguimiento desde tierra ya no es una estrategia viable, especialmente en un escenario donde miles de nuevos satélites se lanzan cada año y donde un solo evento de fragmentación puede producir decenas de miles de peligrosos fragmentos no rastreables. La incorporación de sensores sofisticados a bordo permitirá transitar de un modelo reactivo a uno preventivo, donde la predicción, la generación local de datos y la toma autónoma de decisiones serán pilares fundamentales.

Radar RPO

El radar RPO se ha consolidado como un instrumento indispensable para misiones que requieren acercamientos controlados, acoplamientos seguros y maniobras finas alrededor de otros objetos en órbita. En contraste con sensores ópticos, cuya efectividad depende de las condiciones de iluminación y orientación, el radar ofrece un desempeño consistente en cualquier entorno. Esto permite obtener mediciones precisas de distancia, velocidad relativa y orientación, elementos fundamentales para operaciones como el reabastecimiento de satélites, la inspección de activos orbitales y el retiro activo de desechos. La creciente apuesta por misiones de servicio en órbita —reparación, extensión de vida útil y ensamblaje espacial— refuerza todavía más la necesidad de sensores robustos capaces de garantizar la seguridad durante las fases críticas de aproximación.

Los radares RPO se diseñan para medir la posición, velocidad relativa, actitud y geometría de un vehículo objetivo durante aproximaciones controladas. Su operación se basa en tres pilares físicos, que el rango mediante tiempo de vuelo (time-of-flight) de pulsos, la velocidad relativa radial mediante desplazamiento Doppler, y la imagen e identificación mediante radar de apertura sintética (SAR) o ISAR para capturar micro-movimientos.

Los radares RPO utilizan típicamente bandas X (8–12 GHz), Ku (12–18 GHz) o Ka (26–40 GHz) por el equilibrio entre resolución, alcance y tamaño de antena. En aproximaciones finales (<200 m), estos sistemas alcanzan precisiones de centímetros, indispensables para acoplamientos autónomos (automatic docking), servicio satelital (refuelling, replacement), inspección de anomalías, y retiro activo de desechos (ADR).

La forma de onda dominante es FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave), debido a la alta sensibilidad a distancias cortas, bajo consumo, y posibilidad de integración en plataformas pequeñas.

Las plataformas más avanzadas emplean radar digital de múltiples antenas (MIMO), que permite formar múltiples haces simultáneamente y aumentar la resolución angular sin incrementar área física.

Los radares RPO enfrentan desafíos como saturación por reflexiones intensas en rangos cortos (<5 m), ambigüedad Doppler en maniobras multi-direccionales, e interferencia radioeléctrica con sistemas de comunicaciones. Estas limitaciones están siendo mitigadas mediante técnicas de beam-forming adaptativo, calibración dinámica y algoritmos de fusión sensorial (radar + cámaras + LiDAR).

Radar mmWave para detección de micro-desechos

Por otro lado, la detección de micro-desechos representa un desafío técnico de gran relevancia. Las partículas de entre uno y diez milímetros de diámetro son demasiado pequeñas para ser rastreadas desde estaciones terrestres, pero poseen suficiente energía cinética como para perforar componentes sensibles de un satélite o comprometer la integridad de una nave tripulada. El radar de onda milimétrica ha surgido como una de las soluciones más prometedoras para abordar este problema. Gracias a su elevada frecuencia y su corta longitud de onda, estos radares pueden identificar objetos diminutos a distancias relativamente cortas, proporcionando una conciencia situacional local en tiempo real. Este tipo de capacidad permitirá, en el futuro, que los vehículos espaciales ejecuten maniobras evasivas automatizadas o adopten configuraciones de orientación protectoras frente a amenazas inminentes.



Radar excels en la detección de objetos a largas distancias y de los que se mueven rápidamente.

El radar mmWave opera en frecuencias de 30 a 300 GHz, correspondientes a longitudes de onda entre 1 y 10 mm. Esta característica le confiere la capacidad de detectar partículas diminutas que serían invisibles para sensores convencionales.

A través de la emisión de ondas electromagnéticas y la medición del tiempo de vuelo y el desplazamiento Doppler, el radar puede determinar la distancia, velocidad y tamaño aproximado de los objetos detectados.

Uno de los principales retos en la detección de micro-desechos es la débil señal de reflexión que generan estas partículas. Para superar esta limitación, se emplean técnicas de procesamiento de señal avanzadas, como filtros de pulso, correlación de señales y análisis Doppler, que permiten diferenciar partículas en movimiento de elementos estáticos del entorno.

Además, la utilización de arreglos de antenas phased-array mejora la resolución angular, facilitando la identificación de múltiples partículas cercanas simultáneamente.

Los micro-desechos de 1 mm a 1 cm constituyen el mayor riesgo no monitorizable en el entorno orbital. Estos objetos viajan a velocidades entre 7 y 14 km/s, y poseen energía cinética suficiente para perforar blindajes o destruir subsistemas críticos.

La longitud de onda del radar mmWave, típicamente en bandas W (75–110 GHz), D (110–170 GHz) o incluso THz, es ideal para detectar objetos cuyo tamaño es de 1 mm a 5 mm.

El retorno de micro-desechos depende de la RCS (Radar Cross Section), y el menor tamaño de estos fragmentos explica por qué los radares tradicionales son incapaces de detectarlos y por qué las longitudes de onda milimétricas y sub-milimétricas son necesarias.

Se han propuesto dos arquitecturas principales: Radar activo a bordo (monostático o bistático) que Emite señales FMCW o pulsadas. Y Capaz de crear un volumen de vigilancia alrededor del satélite (10–200 m). Sistemas pasivos o ISAC (Integrated Sensing and Communication) que Reutilizan señales de comunicaciones en banda Ka, V o W, No requieren un transmisor dedicado. Y Reducen la carga energética y el volumen del sistema.

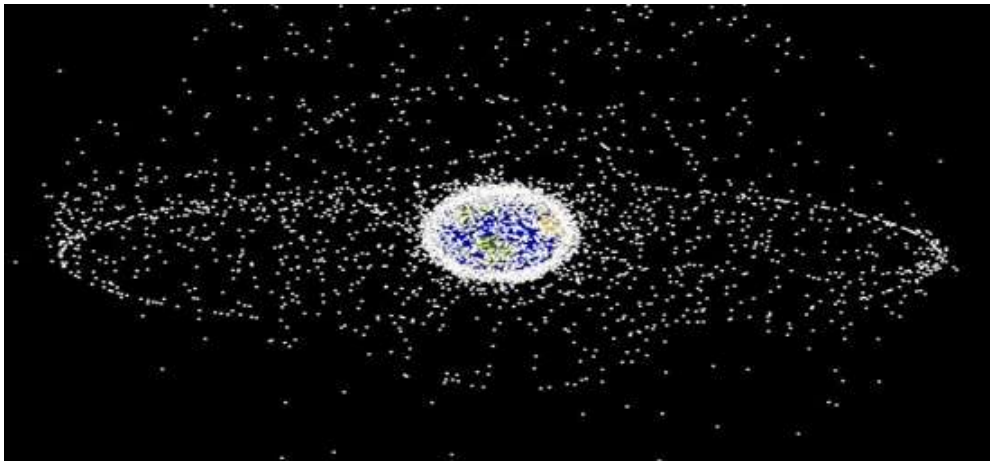


Imagen generada por computadora de objetos en la órbita de la Tierra que actualmente están siendo rastreados. Crédito: NASA

El procesamiento moderno emplea: micro-Doppler para estimar rotación y trayectoria del micro-fragmento, machine learning (SVM, LSTM, CNN 1D) para clasificar ruido vs. fragmentos reales, y tracking multi-objetivo con filtros Kalman extendidos o filtros de partículas.

Conclusión

Los radares RPO y los radares mmWave se perfilan como componentes esenciales de la infraestructura espacial del siglo XXI. A medida que el entorno orbital se vuelve más denso y peligroso, las plataformas espaciales deben evolucionar desde sistemas pasivos dependientes del seguimiento terrestre hacia sistemas autónomos capaces de detectar amenazas invisibles, maniobrar sin intervención humana, cooperar entre sí y ejecutar operaciones de proximidad con precisión milimétrica.

Estas tecnologías no solo mejoran la seguridad operativa, sino que se convierten en requisitos fundamentales para la sostenibilidad del entorno orbital y para garantizar la continuidad de la economía espacial. Tanto los radares RPO como los sistemas mmWave dedicados a la detección de microdesechos constituyen capacidades críticas para enfrentar los desafíos derivados de la congestión orbital y la proliferación de desechos espaciales.

Su desarrollo e integración en futuras misiones representan un paso indispensable hacia un ecosistema espacial más seguro, sostenible y resiliente.

A medida que la presencia humana en el espacio se expanda, la adopción de estos sistemas dejará de ser una elección tecnológica para convertirse en una responsabilidad necesaria para proteger el acceso y la estabilidad del entorno orbital.

Para enfrentar la congestión orbital, la tendencia apunta hacia sistemas autónomos dotados de fusión sensorial multibanda, radar cognitivo con control dinámico de forma de onda, modelos de predicción basados en IA, y actuación automatizada frente a amenazas.

El concepto más avanzado es el de Navegación y Consciencia Orbital Autónoma Distribuida (DAOAN), donde múltiples satélites comparten detecciones y modelos predictivos en tiempo real.

AAW, adaptación con información de fuentes abiertas, internet.

<https://sdup.esoc.esa.int/discosweb/statistics/>

UNIDIR → Building a more secure world.+1

Preliminary concept of a space-based radar ESA Proceedings Database

<https://spacenews.com/the-next-generation-of-radar-needed-to-detect->



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 43 / 2025

Santiago, 07 de diciembre de 2025

POLÍTICA DE CIELOS ABIERTOS EN CHILE

Por Victor Villalobos. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 min de lectura.

En 1979, el Estado de Chile promulgó la denominada “Ley de Cielos Abiertos”, la cual dio un impulso significativo al crecimiento de la actividad aérea. En general, la normativa aplicable a la aviación comercial chilena se encuentra en el Decreto con Fuerza de Ley N° 2414 de 1960, el Código Aeronáutico, el Decreto Ley N° 2.564 de 1979 de Aviación Comercial, los acuerdos multilaterales y bilaterales que el país ha suscrito, y en los usos y costumbres de la actividad aeronáutica. Cielos Abiertos se refiere principalmente a la política de transporte aéreo comercial que permite una amplia libertad para que aerolíneas nacionales y extranjeras operen sin restricciones rutas, frecuencias y destinos.



Política de Transporte Aéreo Comercial.

El Estado de Chile ha sustentado por mas de tres décadas una política aérea de cielos abiertos, que tiene como objetivo posibilitar servicios aéreos de la mejor calidad, eficiencia y menor costo.

La política de Transporte Aéreo Comercial se basa en normas estables y claras, otorgando libertad a las líneas aéreas para diseñar sus servicios aéreos.



Principios.

Los principios fundamentales que forman la política de Transporte Aéreo Comercial son las siguientes:

Libre ingreso a los mercados:

Los servicios de transporte aéreo, sean de cabotaje o internacionales las pueden realizar las empresas nacionales o extranjeras que hayan cumplido con los requisitos de orden técnico y de seguros establecidos por las autoridades aeronáuticas competentes. En consecuencia, la autoridad no limita el número de vuelos ni puntos en que se puede operar, por lo tanto, las rutas internas como las internacionales están abiertas para el tráfico de líneas aéreas nacionales o extranjeras. A las empresas extranjeras que operen rutas internacionales se les puede exigir reciprocidad, pero si ésta se verifica, la autoridad chilena carece de atribuciones para limitar o impedir los servicios de esas empresas.

Libertad de precios:

Las empresas aéreas establecen libremente las tarifas que aplicarán, debiendo registrarlas ante la Junta de Aeronautica Civil (JAC). La autoridad carece de atribuciones para fijar precios. En forma excepcional se pueden fijar tarifas internacionales en las rutas que por disposición de otro Estado no exista libertad tarifaria.

Mínima intervención de la autoridad:

La actividad de transporte aéreo comercial se rige por las reglas del mercado y de la libre competencia, quedando limitada la intervención por parte de la autoridad. De esta forma, se reducen los requisitos de índole administrativo en beneficio de la eficiencia del mercado y el bienestar social.

Liberalización de propiedad y control:

En Chile no existen restricciones legales a la constitución de una empresa aérea chilena, tanto en materia de capital (propiedad) el que puede ser parcial o totalmente extranjero, como en materia de administración, la que puede estar parcial o totalmente en manos de extranjeros. En el mismo sentido, no se les exige a las empresas aéreas extranjeras para operar en Chile que su capital y/o su administración se encuentre en manos de nacionales del país que la designa.

Desde su origen, Chile comenzó a aplicar esta política hace unos 45 años, con el objetivo de liberalizar y desregular el transporte aéreo comercial.

- **Acuerdos internacionales:** A través de Acuerdos de Servicios Aéreos (ASA), Chile ha firmado convenios con más de 25 países hasta 2024, incluyendo uno inédito con Argentina.

Principios básicos:

Libre ingreso a los mercados para aerolíneas nacionales y extranjeras.

No se limita el número de vuelos ni los puntos de operación.

Se busca ofrecer servicios de mejor calidad, eficiencia y menor costo.

Impacto: Esta política ha convertido a Chile en uno de los países más abiertos de la región en materia de aviación, fomentando la competencia y aumentando la conectividad internacional.

Otros usos del concepto “cielos abiertos” en Chile:

- **Astronomía y protección del cielo nocturno:** La Fundación Cielos de Chile trabaja para preservar los cielos oscuros del país, esenciales para la astronomía. Chile concentra más del 60% de la capacidad mundial de observación astronómica, por lo que la contaminación lumínica, es una preocupación creciente.
- **Deportes extremos:** El término también aparece en proyectos como el Ultimate Aerial Obstacle Course, donde pilotos y atletas (incluyendo chilenos como Sebastián “Ardilla” Álvarez y Víctor “Bicho” Carrera) participaron en un circuito aéreo de obstáculos sobre cielos abiertos y cordilleras.



Impacto en aerolíneas

- **Más competencia internacional:** Chile ha firmado 25 acuerdos de cielos abiertos hasta 2024, lo que permite que aerolíneas extranjeras operen libremente en rutas hacia y desde el país.
- **Nuevos actores en el mercado:** Estos acuerdos han facilitado el ingreso de compañías de bajo costo y aerolíneas regionales, aumentando la oferta de vuelos.
- **Mayor conectividad:** Se han abierto rutas directas hacia Europa, Norteamérica y países vecinos, reduciendo la dependencia de hubs tradicionales.

Impacto en precios de vuelos

- Reducción de tarifas: La competencia generada por la política de cielos abiertos ha presionado a la baja los precios de los pasajes, especialmente en rutas internacionales.
- Efecto en consumidores: Los pasajeros se benefician con más opciones de horarios, escalas y precios, lo que está al alcance de todos los usuarios integrantes de la sociedad.

Balance general

- Ganadores: Los consumidores, que acceden a vuelos más baratos y variados.
- Desafíos: Las aerolíneas nacionales deben adaptarse a la competencia internacional, innovando en servicios y eficiencia.
- Resultado: Chile se posiciona como uno de los países más abiertos de Latinoamérica en aviación, con un mercado dinámico y en crecimiento.

Ejemplos concretos de cómo la política de cielos abiertos en Chile ha impactado en la llegada de aerolíneas y en los precios de los vuelos:

Aerolíneas que han entrado al mercado chileno

- Aerolíneas Nacionales: estas aerolíneas, aprovecharon la liberalización para expandirse agresivamente en rutas internacionales y competir con el resto de las aerolíneas.
- Aerolíneas low-cost extranjeras: Empresas como Viva Air (Colombia) y Gol (Brasil) han podido operar con mayor facilidad en Chile gracias a los acuerdos de cielos abiertos.
- Acuerdo con Argentina (2024): Permitió que aerolíneas argentinas y chilenas operen libremente entre ambos países, aumentando la oferta en rutas como Santiago–Buenos Aires.
- Conexiones con Europa y Norteamérica: Aerolíneas como Iberia, Air France, KLM y American Airlines han fortalecido sus operaciones en Chile, ofreciendo más frecuencias y rutas directas.

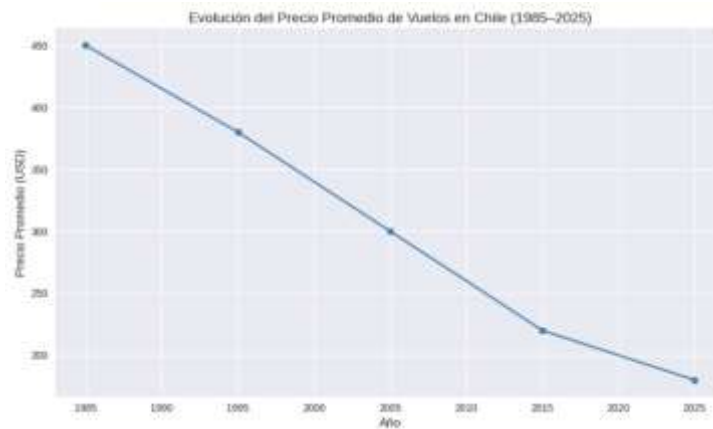
Impacto en precios

- Mayor competencia = tarifas más bajas: La entrada de aerolíneas low-cost ha reducido significativamente los precios en rutas regionales. Por ejemplo, vuelos Santiago–Lima o Santiago–Buenos Aires pueden encontrarse hasta un 40% más baratos que antes de la liberalización.
- Promociones agresivas: empresas nacionales han lanzado campañas con pasajes de muy bajo costo + tasas, obligando a otras aerolíneas a ajustar sus precios.
- Acceso a todo nivel: Hoy viajar en avión dentro de Chile es más accesible para la todo espectro social, algo que hace 20 años era considerado un lujo.

Balance

- Chile se consolidó como hub aéreo regional, con más rutas y aerolíneas operando.
- Los consumidores son los grandes beneficiados, con más opciones y precios más bajos.
- El desafío: mantener la infraestructura aeroportuaria al nivel del crecimiento del tráfico aéreo.

En el presente gráfico se muestra cómo los precios promedio de vuelos en Chile han bajado de manera sostenida desde la implementación de la política de cielos abiertos.



En resumen, “cielos abiertos” significa:

1. Una política de transporte aéreo comercial pionera que facilita la libre competencia y conectividad aérea.
2. La defensa de los cielos nocturnos para proteger la astronomía y la biodiversidad.
3. Un concepto usado en deportes aéreos y actividades extremas que aprovechan la geografía única del país.

La política de “cielos abiertos” en Chile ha tenido un impacto directo en la llegada de nuevas aerolíneas y en la reducción de precios de los pasajes aéreos, gracias a la competencia y la liberalización del mercado.

La política de "cielos abiertos" de Chile ha impulsado la apertura del mercado aéreo, promoviendo la competencia y el crecimiento del sector. Ha permitido que más aerolíneas operen en el país y ha mejorado la conectividad internacional.

Sin embargo, el desafío principal es asegurar que esta apertura se realice de manera equilibrada para proteger a las aerolíneas nacionales mientras se benefician los consumidores.

VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet. MTT, JAC, DGAC.

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 44 / 2025

Santiago, 09 de diciembre de 2025

SPADEX (Space Docking Experiment)

Y POEM-4 (PSLV Orbital Experimental Module 4)



Por Álvaro Aguirre W. Director de Asuntos Espaciales. 05 Min. de lectura.

Uno de los mayores desafíos para el futuro de la exploración espacial es lograr que las operaciones en órbita —como estaciones espaciales, misiones de abastecimiento o retornos a la Tierra— sean sostenibles y autónomas. Un aspecto tecnológico esencial para lograrlo es el acoplamiento espacial autónomo, es decir, la capacidad de que dos naves se unan en el espacio sin intervención humana directa.

Con este objetivo, la agencia espacial de la India, ISRO, lanzó el 30 de diciembre de 2024 la misión Space Docking Experiment (SpaDeX). Este experimento busca demostrar que la India está preparada para realizar acoplamientos automáticos en el espacio, una capacidad que hasta ahora solo han desarrollado algunos países.

Junto con SpaDeX, ISRO lanzó la iniciativa POEM (PSLV Orbital Experiment Module). Esta propuesta transforma algo que normalmente sería desecho espacial —la cuarta etapa del cohete PSLV— en una plataforma orbital activa, es decir, un pequeño laboratorio que continúa funcionando una vez completada la misión principal. El módulo POEM-4 permaneció activo en el espacio, sirviendo de base para 24 experimentos científicos.

Estas iniciativas no solo posicionan a la India como un actor cada vez más relevante en la exploración espacial avanzada, sino que también, muestran un fuerte compromiso con la sostenibilidad y la reutilización tecnológica en órbita, dos factores clave para el futuro de la actividad espacial.

POEM-4

El Módulo Experimental Orbital PS4, designado como POEM, se refiere al uso de la cuarta etapa del Vehículo de Lanzamiento Síncrono Polar (PSLV).

Este módulo transportó 24 cargas útiles, 14 desarrolladas por la propia ISRO y 10 desarrolladas por entidades privadas, que comprenden el mundo académico y las empresas emergentes que se han recibido a través de IN-SPACe, las que brindaron a la comunidad científica la oportunidad de llevar a cabo ciertos experimentos de microgravedad en órbita durante un período prolongado de hasta tres meses utilizando la plataforma POEM-

Estas cargas útiles sirven como experimentos precursores para validar diversas tecnologías de prueba de concepto y habilitadoras para futuras misiones. Todas funcionaron según lo previsto y generaron datos científicos de alto valor.

POEM-4 fue desorbitado con éxito el 4 de abril de 2025, para evitar que se convirtiera en basura espacial, cayendo en el océano Índico, de acuerdo a lo planificado, culminando con éxito la misión que comenzó el 30 de diciembre de 2024.



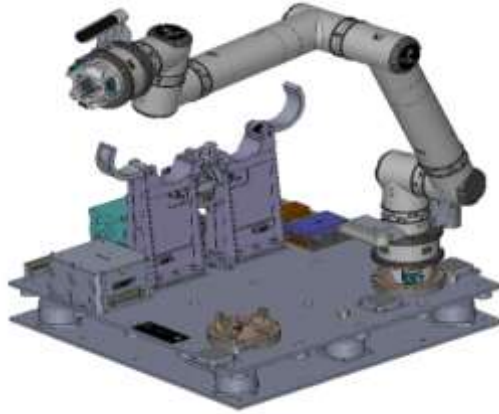
Módulo POEM-4 reentrando a la atmósfera y impactando en el Océano Índico

Antes de la caída en el Índico, se liberaron los remanentes de combustible para reducir el riesgo de explosión durante la reentrada. Finalmente, el módulo se desintegró al contacto con la atmósfera antes de impactar en el océano.

Una de las cargas que lleva a bordo el POEM-4 es el RRM-TD (Brazo robótico caminante), probado exitosamente en enero de 2025, es el primer brazo robótico espacial de la India con capacidad de desplazamiento autónomo, desarrollado por la unidad de sistemas inerciales de ISRO (IISU).

Algunas de las características técnicas destacadas de este brazo robótico son:

- 7 grados de libertad (DoF): Permite movimientos complejos y precisos en microgravedad.
- Caminata tipo gusano: Se desplaza por la estructura orbital mediante movimientos secuenciales de agarre y liberación.
- Componentes clave: Articulaciones robóticas autóctonas, controladores de brazo avanzados, mecanismo de agarre con adaptador estandarizado para energía y datos, cámaras con arquitectura “ojo en mano”, software de planificación de movimiento con conciencia de obstáculos, procesador de alta computación con múltiples capas de seguridad.



Este demostrador tecnológico apunta directamente a futuras operaciones en la estación espacial Bharatiya Antariksh (BAS), incluyendo caminata robótica de extremo a extremo, manipulación autónoma en microgravedad, estimación de pose 6DoF basada en visión, visualización y control remoto de alta precisión.

SpaDeX

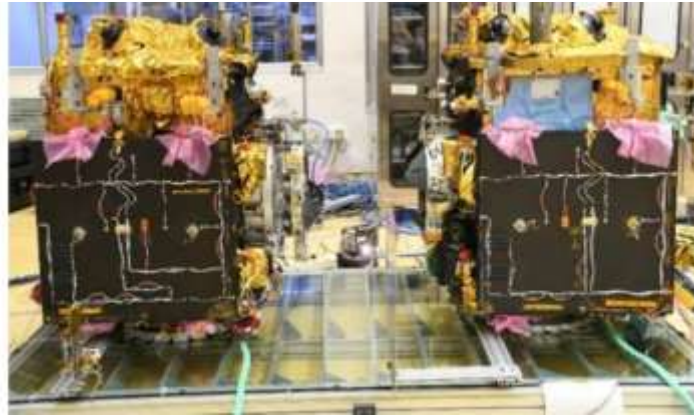
India está dando un gran paso en la exploración espacial con la misión SpaDeX (Space Docking Experiment), diseñada para demostrar la tecnología de acoplamiento automático entre dos pequeñas naves espaciales. Esta capacidad es clave para futuras ambiciones del país, como misiones lunares, el retorno de muestras desde la Luna, y la construcción y operación de su propia estación espacial, la Estación Bharatiya Antariksh (BAS).

El acoplamiento espacial permite que dos naves que fueron lanzadas en diferentes momentos se unan en órbita para trabajar juntas. Esto es fundamental cuando se necesitan múltiples lanzamientos para cumplir una misión compleja.

El objetivo de SpaDeX es demostrar, por primera vez para India, la capacidad de realizar:

- Encuentro orbital progresivo con navegación relativa precisa.
- Acoplamiento autónomo entre dos vehículos espaciales.
- Transferencia de energía eléctrica post-acoplamiento.
- Desacoplamiento seguro y posterior operación independiente de cada vehículo.

La misión SpaDeX lanzó dos satélites, llamados SDX01 (el perseguidor) y SDX02 (el objetivo), cada uno con un peso aproximado de 220 kg., los que fueron puestos en órbita circular a 470 km de altitud, con inclinación de 55°, desde donde el perseguidor se acercó progresivamente al objetivo en una serie de maniobras cuidadosamente planificadas.

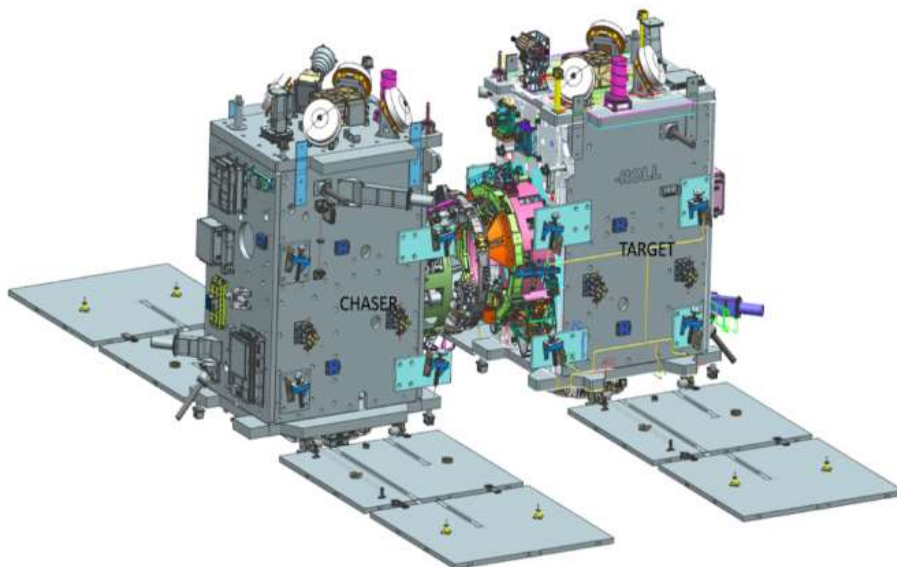


Satélites SDX01 y SDX02 Fuente: ISRO

Primero, ambos satélites estaban separados por unos 20 km; luego, el perseguidor fue reduciendo la distancia paso a paso —desde 5 km, hasta apenas 3 metros— hasta lograr el acoplamiento y la unión rígida. Tras esto, se demostró la transferencia de energía eléctrica entre ellos, un avance esencial para futuras misiones con naves robóticas y sistemas complejos. Finalmente, los satélites se desacoplaron para continuar operando por separado durante un período de hasta dos años.

Esta misión incorporó tecnologías desarrolladas en India, como sensores especializados para el encuentro y acoplamiento, sistemas autónomos de comunicación entre satélites, y un procesador que calcula las posiciones y velocidades relativas con precisión usando datos de GPS.

SpaDeX no solo prueba estas tecnologías avanzadas, sino que también, pone a India en camino para convertirse en el cuarto país en dominar el acoplamiento espacial autónomo, un hito crucial para su creciente presencia en la exploración espacial global.



Conclusión

Misiones como SpaDeX y POEM-4, son más que simples demostraciones tecnológicas, representan hitos estratégicos que permitirán a India realizar acoplamientos autónomos en órbita, una capacidad que actualmente dominan solo unos pocos países.

Este tipo de tecnología abre un abanico de posibilidades, desde la reparación y reabastecimiento de satélites, hasta el remolque orbital y la construcción de estructuras modulares, incluyendo la perspectiva de una futura estación espacial india. La reutilización de etapas de cohetes como laboratorios orbitando la Tierra refuerza la sostenibilidad y eficiencia de cada lanzamiento, maximizando los recursos invertidos y fomentando un enfoque responsable hacia el espacio.

India se posiciona como un actor emergente de primer nivel en la robótica espacial modular y autónoma gracias al desarrollo del RRM-TD. Este avance tecnológico coloca al país en la misma liga que potencias espaciales como Estados Unidos, con el Canadarm y Astrobee, y Europa, con el ERA, demostrando que India no solo sigue tendencias globales, sino que también las impulsa.

La estrategia de ISRO se centra en construir una infraestructura orbital sostenible, interoperable y nacionalmente desarrollada, capaz de soportar operaciones complejas y autónomas en el espacio.

Al consolidar estas capacidades, India no solo fortalece su posición científica y tecnológica, sino que también, asegura resiliencia operativa y competitividad en la economía espacial global, emergente y altamente colaborativa. Cada paso dado por ISRO refleja un compromiso claro con un espacio más inteligente, autónomo y sostenible, demostrando que la exploración del cosmos es un esfuerzo global que se expande con cada innovación. SpaDeX, en particular, marca un salto estratégico: aunque el acoplamiento autónomo ya se dominaba en Estados Unidos y Rusia, para India representa la entrada a un nuevo nivel de operaciones avanzadas en órbita, con significativas implicaciones científicas, económicas y de defensa.

En conjunto, estos avances posicionan a India no solo como un país capaz de alcanzar la órbita, sino como un líder en operaciones espaciales inteligentes, modulares y sostenibles, preparado para jugar un rol clave en la próxima era de exploración y aprovechamiento del espacio.

AAW, adaptación con información de fuentes abiertas, internet.

SpaDeX Mission

ISRO's POEM-4 Re-Enters Earth's Atmosphere



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 45 / 2025

Santiago, 15 de diciembre de 2025

DISCURSO DÍA DE LA AERONÁUTICA NACIONAL

Por General de Aviación Don Carlos Madina Diaz. Director General de Aeronáutica Civil.

05 min. de lectura.

Muy buenas tardes:

Permítanme, en nombre de la Dirección General de Aeronáutica Civil, hacer propios los vocativos ya expresados en estricto protocolo, sin embargo, saludar con especial consideración, al Presidente de la Cámara de Diputadas y Diputados de Chile, a las autoridades de Gobierno, en particular a la Ministra de Defensa Nacional y a la Ministra de Obras Públicas, al señor Comandante en Jefe de la Fuerza Aérea, al Senador Keneth Pugh, a los representantes de organizaciones públicas y privadas, a las personas que hoy serán reconocidas y condecoradas, a sus familiares y, muy especialmente, a todos los presentes en esta significativa ceremonia. Quiero darles la más cordial bienvenida al Museo Nacional Aeronáutico y del Espacio, lugar donde hoy celebramos el Día de la Aeronáutica Nacional.

Tradicionalmente, esta ceremonia se realizaba en la Base Aérea El Bosque, cuna histórica de nuestra aviación militar. Que hoy nos encontremos, por primera vez, en este Museo tiene un sentido especialmente significativo: este recinto resguarda una valiosa colección de casi un centenar de aeronaves, 35 de ellas declaradas Monumento Nacional, y junto a su biblioteca, sus archivos históricos y a sus salas temáticas, nos permite comprender y revivir la evolución de la aeronáutica y de la actividad aeroespacial en Chile. Por todo ello, este Museo es, en buena medida, la casa de la memoria aeronáutica de nuestro país y un espacio abierto a todos para encontrarnos con nuestra historia aérea; el lugar preciso para recordar que la labor que hoy realizamos se apoya en la audacia y la visión de quienes nos precedieron.

En este marco, hoy viernes 12 de diciembre rendimos homenaje a nuestra historia, reconocemos el trabajo del presente y proyectamos, con responsabilidad y compromiso, el futuro de la actividad aérea en Chile. Y precisamente, porque este día conmemora una hazaña fundacional, debemos recordar la figura del Teniente Dagoberto Godoy Fuentealba, quien en un día como hoy en 1918 realizó el primer cruce de la Cordillera de los Andes por su parte más alta, a bordo de un avión Bristol cuya réplica podemos apreciar al frente de su posición a su derecha. Solo, en una aeronave frágil, volando sobre 10.000 pies sin oxígeno, sin GPS y con medios muy limitados, abrió simbólicamente el camino aéreo que uniría a Chile con la región y marcó para siempre la memoria de nuestra aviación.

Esa audacia individual encontró continuidad en la visión estratégica del principal prócer de nuestra aviación, el Comodoro Arturo Merino Benítez, quien concibió el desarrollo del naciente sistema aeronáutico nacional: impulsó la creación de la Línea Aérea Nacional, la refundación del Club Aéreo de Chile, las primeras líneas aeropostales y, finalmente, la fundación de la Fuerza Aérea Nacional y de la Dirección General de Aeronáutica Civil.

Sobre estas bases se ha construido el sistema aeronáutico nacional que hoy celebramos: un sistema mixto y maduro, en el que la Fuerza Aérea de Chile y la DGAC actúan de manera complementaria en la gestión de aeropuertos y aeródromos, en los sistemas de radares y comunicaciones, en la provisión de servicios meteorológicos y en la respuesta frente a contingencias, emergencias y desastres a lo largo de todo Chile, bajo los 32 millones de kilómetros cuadrados de espacio aéreo bajo nuestra responsabilidad. Un sistema que se expresa en la aviación militar, al servicio de la defensa y del apoyo a la comunidad; en la aviación comercial, para el transporte de pasajeros y carga; y en la aviación general, que impulsa el ámbito privado, deportivo y de fomento. La fortaleza de este sistema no es una abstracción; se evidencia en su organización y en sus resultados. Chile cuenta hoy con una red integrada de más de 300 aeródromos y 7 aeropuertos, que sostienen la continuidad de las operaciones aéreas a lo largo de todo el territorio.

Entre enero de 2024 y noviembre de 2025 se han transportado más de 50 millones de pasajeros y más de 750 mil toneladas de carga; contamos con 520 empresas titulares de Certificado de Operador Aéreo; y, en el ámbito de los drones, hemos debido responder a un crecimiento exponencial que se ha traducido en la entrega de 9.000 credenciales de operador de RPA solo en estos dos últimos años.

Este esfuerzo sostenido y responsable, ha permitido que la DGAC y el sistema aeronáutico chileno sean reconocidos en la región y a nivel mundial por sus altos estándares de seguridad, cumplimiento regulatorio y cooperación internacional.

Nuestra aviación civil se sostiene sobre una sólida y comprometida red de colaboración entre ministerios, organismos del Estado, asociaciones aeronáuticas y actores de la sociedad civil.

En el área de la infraestructura, el Ministerio de Obras Públicas, a través de la Dirección de Aeropuertos y la Dirección General de Concesiones, ha llevado adelante, como parte de esta misma comunidad aeronáutica, un estratégico plan de desarrollo de aeropuertos y obras relacionadas, que permite diseñar, construir, administrar y operar la infraestructura necesaria para prestar servicios a pasajeros, carga, operadores aeronáuticos, aviación general y un sinnúmero de otros usuarios que dinamizan el sistema. Desde la perspectiva de las políticas de transporte, iniciativas en sostenibilidad o programa de vuelo limpio, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, por intermedio de la Junta de Aeronáutica Civil, impulsa iniciativas que fortalecen nuestro sistema, facilitando la prestación de servicios a las líneas aéreas, a los operadores de carga y a la aviación general. Esta labor, desarrollada en permanente coordinación con la DGAC, asegura una respuesta oportuna y eficiente a las necesidades de los distintos actores del sector.

Un tercer ámbito de coordinación se relaciona con el clima y el medio ambiente. La Dirección Meteorológica de Chile, en conjunto con el Ministerio del Medio Ambiente, participa en estudios y análisis sobre el cambio climático, fenómeno que afecta a todo el planeta y que se manifiesta en eventos meteorológicos cada vez más extremos. Esta información es clave para la planificación de emergencias, la gestión del riesgo y la seguridad de las operaciones aéreas.

En esta misma línea, y recogiendo las lecciones de los últimos veranos, resulta fundamental la coordinación con Senapred, CONAF y con las organizaciones que participan en el combate de incendios forestales, donde la aviación militar, pública y privada cumplen un rol insustituible en la protección de las personas, del medio ambiente y de la infraestructura crítica.

Junto a los ministerios y servicios públicos, es justo relevar la contribución de las organizaciones del sector aeronáutico, tanto nacionales como internacionales.

La cooperación con IATA permite alinear buenas prácticas, estándares y recomendaciones que fortalecen la seguridad y la eficiencia del transporte aéreo comercial. De igual forma, el trabajo con ACHILA y con las asociaciones de operadores nacionales afianza la coordinación público-privada en materias regulatorias, operacionales y de desarrollo de rutas. A ello se suma la valiosa labor de los clubes aéreos, escuelas de vuelo y organizaciones de la aviación general, que contribuyen a la formación de nuevas generaciones de pilotos y técnicos, que promueven la cultura aeronáutica y la integración territorial. En este entramado de esfuerzos compartidos, la Fuerza Aérea de Chile, en coordinación con la Dirección General de Aeronáutica Civil, ha impulsado un trabajo conjunto para apoyar y perfeccionar a los establecimientos que imparten la especialidad de Mecánica de Mantenimiento Aeronáutico, ampliando y articulando la red de actores estratégicos vinculados a la educación aeroespacial.

El objetivo central es robustecer la oferta formativa del país y elevar el nivel curricular de esta especialidad, aportando a la formación de capital humano técnico con un alto estándar. Esta iniciativa, orientada al desarrollo nacional y a la proyección de los intereses aeroespaciales de Chile, ha despertado un creciente interés en los sectores comerciales, privados y educativos, permitiendo proyectar un aumento significativo de nuevos mecánicos en los próximos años, en línea con las demandas de la aviación mundial y nacional.

Todo lo señalado, confirma que la aviación se caracteriza por su rápida evolución y por el papel protagónico que ejerce en el desarrollo y crecimiento de las naciones. Es preciso reconocer que los integrantes de nuestro sistema aeronáutico nacional, ministerios, servicios públicos, asociaciones, aerolíneas, operadores, clubes aéreos y organizaciones de la sociedad civil, han demostrado, con su trabajo cotidiano, que la aeronáutica es un pilar estratégico para Chile.

En esta parte de mis palabras, luego de haber reconocido y agradecido a los distintos actores de nuestra comunidad aeronáutica, corresponde referirnos a quienes hoy reciben especiales distinciones en esta ceremonia.

Este año, nuestra conmemoración incorpora dos elementos nuevos y particularmente significativos: por una parte, la entrega del Premio “Liderazgo en Seguridad Operacional Vertical”, otorgado por la Asociación Chilena de Vuelo Vertical ACHAV; y, por otra, un reconocimiento de parte del Congreso Nacional, conferido por las presidencias del Senado y de la Cámara de Diputadas y Diputados de Chile, en atención a la trayectoria de tres profesionales que han sobresalido en la aviación civil en nuestro país.

Adicionalmente, se entregará el Premio Seguridad de Vuelo, que se concede al Club Aéreo que alcanzó los más altos índices operativos y de seguridad durante el período 2.024 - 2.025.

Finalmente, se impondrá la condecoración “General Diego Aracena Aguilar” a oficiales y a personal del cuadro permanente que integraron las tripulaciones participantes en la Operación Estrella Polar III y que arribaron al campamento Base Glaciar Unión, en territorio antártico chileno.

Asimismo, se impondrá la condecoración “Cruz al Mérito Aeronáutico de Chile”, en el grado de “Cruz de Servicios Distinguidos”, a una funcionaria de destacada trayectoria institucional.

Nuestras más sinceras felicitaciones a todos ellos. Que estos merecidos reconocimientos no sólo les brinden alegría, sino que también sean un estímulo para seguir elevando, con su ejemplo, el estándar de excelencia de nuestra comunidad aeronáutica.

Casi al concluir, deseo agradecer muy sinceramente la presencia de nuestras distinguidas autoridades e invitados, quienes han otorgado a esta ceremonia un marco de especial solemnidad y cuyo permanente apoyo ha sido —y seguirá siendo— fundamental para el desarrollo de nuestro sistema aeronáutico. Porque, en definitiva, somos nosotros quienes hemos recibido la herencia de nuestros próceres aeronáuticos, entre ellos la valentía audaz y decidida del Teniente Dagoberto Godoy y tenemos la responsabilidad de proyectarla hacia el futuro: con ideas renovadas, con auténtico sentido de servicio, con visión de desarrollo para el país y con la convicción de que cada paso que damos contribuye a engrandecer nuestra aeronáutica y, con ello, a construir un Chile más integrado, más seguro y mejor preparado para los desafíos que vienen. Muchas gracias.

Discurso Ceremonia Día de la Aeronáutica Nacional. Museo Nacional Aeronáutico y del Espacio, 12 de diciembre de 2025.



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 46 / 2025

Santiago, 18 de diciembre de 2025

LA RADIACIÓN SOLAR, UNA AMENAZA PARA LA AVIACIÓN COMERCIAL

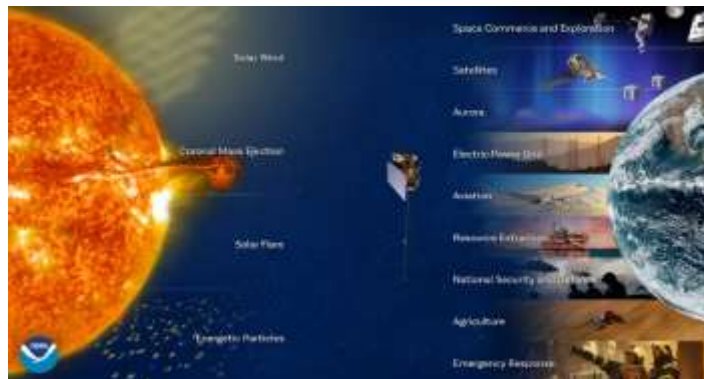
Por Victor Villalobos. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 min de lectura.

La aviación comercial mundial amaneció el sábado 29 de noviembre 2025, bajo una presión operativa sin precedentes recientes. Se trata de una amenaza invisible que parece sacada de una novela de ciencia ficción: la radiación solar.

El fabricante europeo Airbus y la Agencia de Seguridad Aérea de la Unión Europea (EASA) emitieron en las últimas horas del 29 de noviembre, una Directiva de Aeronavegabilidad de Emergencia (AD) que afecta a la familia de aviones A320 (tanto los modelos ceo como los modernos neo). La orden es taxativa: los operadores deben actualizar el software de las computadoras de control de vuelo de inmediato o dejar los aviones en tierra antes del domingo 30 de noviembre.

El Airbus A320, que entró en servicio en 1988, es el avión más vendido del mundo. En septiembre desbancó al avión de pasillo único 737, del fabricante estadounidense Boeing, cuyo primer ejemplar se entregó en 1968.

A finales de septiembre, Airbus había entregado 12.257 unidades de su A320 (incluidas las versiones privadas), frente a las 12.254 unidades del 737.



Origen.

El origen de la medida es un incidente grave ocurrido a finales de octubre que confirmó que las tormentas geomagnéticas recientes pueden “corromper” la memoria de los ordenadores de a bordo, provocando maniobras peligrosas no comandadas por los pilotos.

Los expertos señalan que el Sol está atravesando el Ciclo Solar 25, un período de actividad incrementada que produce tormentas geomagnéticas más frecuentes e intensas. Este noviembre de 2025, una tormenta de clase G4 provocó auroras boreales visibles en latitudes tan meridionales como en el Observatorio de Calar Alto, en Almería.

Esta mayor actividad solar, aumenta el riesgo de que partículas de alta energía alcancen la electrónica de los aviones en altitudes de crucero, donde la protección de la atmósfera es menor.

Guillaume Steuer, portavoz oficial de Airbus en Toulouse intentó llevar calma a los mercados y pasajeros, señalando que “el análisis de un evento reciente reveló que la radiación solar intensa, producto de la actividad geomagnética actual, puede generar lo que en informática llamamos un ‘Bit Flip’ (cambio de estado de un bit de memoria) en las unidades de control de vuelo. Hemos desarrollado un parche de software inmediato para blindar el sistema contra esta interferencia”.



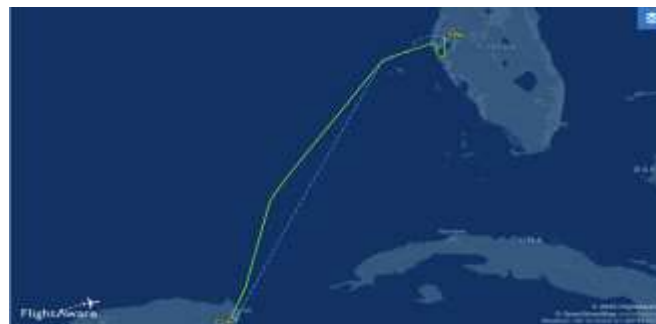
La falla reside en las unidades ELAC (Elevator Aileron Computer), específicamente aquellas fabricadas por la firma francesa Thales. Estas computadoras son las encargadas de mover los alerones y los elevadores (timones de profundidad) del avión.

Al recibir una descarga de radiación cósmica en altura, el chip de memoria interpreta erróneamente la posición del avión y puede ordenar una "picada brusca" (nose down) para corregir una actitud de vuelo que en realidad es normal.

La investigación se aceleró tras el incidente del vuelo de JetBlue (ruta Cancún-Newark) el pasado 30 de octubre, donde la tripulación reportó una pérdida momentánea de control.

El A320 sufrió una súbita pérdida de altitud causada por un error de datos en el ELAC, uno de los ordenadores que gobiernan las superficies de control del aparato.

La tripulación tuvo que desviar la aeronave y efectuar un aterrizaje de emergencia en Tampa, Florida. Según medios locales citados por la BBC, entre 15 y 20 personas padecieron lesiones leves.

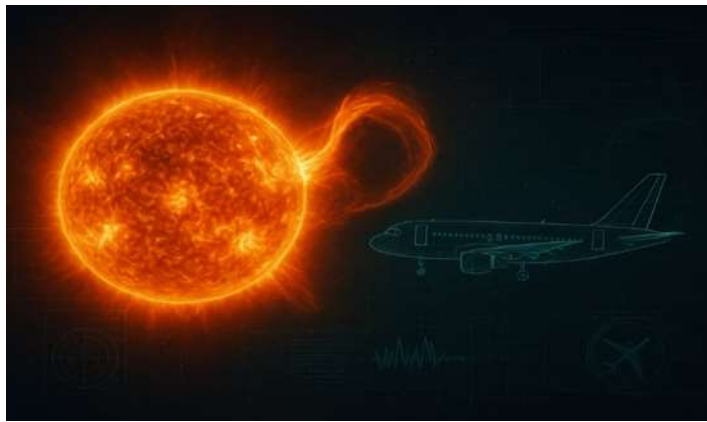


Vuelo JetBlue JBU1230 del 30 de octubre que desató el incidente de los Airbus A320.

Impacto en la industria.

América Latina es una de las regiones con mayor densidad de flota Airbus A320 del mundo. Las aerolíneas que han adoptado medidas ante lo informado por Airbus el 29 de noviembre, se encuentran: Air France, con la cancelación de 35 vuelos; la española Iberia, que garantizó normalidad operativa; la nipona ANA, con 65 vuelos cancelados; la mexicana Volaris, que anunció “cancelaciones y retrasos” en la red de rutas “las próximas 48 a 72 horas”; la colombiana Avianca, que comunicó la inmovilización del 70% de su flota; y la australiana Jetstar, que canceló 90 vuelos por la urgente actualización de software.

JetSMART, es una de las compañías que opera en el país y en otros países sudamericanos, cuya flota está compuesta exclusivamente con aviones de la familia Airbus y, particularmente, muchos de la clase Neo, que es la que tiene específicamente problemas.



La radiación solar extrema obligó a revisar de urgencia más de 6.000 aviones Airbus A320 en todo el mundo (Imagen Ilustrativa Infobae).

La compañía informó mediante un comunicado que “con base en el análisis y evaluación de la información comunicada por Airbus y la Agencia Europea de Seguridad Aérea (EASA) hasta la fecha, solo un número reducido de aeronaves se encontraría alcanzado por la condición descrita en la Directiva de Aeronavegabilidad emitida por dicha entidad. Estas aeronaves fueron atendidas esa misma noche conforme a las directrices técnicas establecidas”.

Añade, que “la aerolínea realizará las actualizaciones requeridas dentro de los plazos definidos, siguiendo los procedimientos indicados y en coordinación con sus equipos de ingeniería y mantenimiento, con la seguridad como su principal prioridad”.

Aclara finalmente, que “a la fecha, no existe afectación en la operación de los vuelos de JetSMART Airlines, los cuales continúan desarrollándose según lo programado. En caso de que algún itinerario requiera ajustes, las personas afectadas serán contactadas directamente para recibir de manera oportuna alternativas de viaje”.

“La compañía continuará monitoreando la situación y comunicará cualquier actualización relevante conforme avance la implementación de las medidas técnicas correspondientes”, concluye.

En tanto, LATAM Airlines, que es el mayor operador de la región, confirmó que en los talleres de mantenimiento de Santiago, se trabajó en turnos de 24 horas para cargar el nuevo

software en cientos de aviones, aunque advirtieron que “se esperan reprogramaciones durante el fin de semana”.

Avianca, que también vuela a Argentina, admitió en un comunicado que “un número significativo” de sus aeronaves requiere la intervención, al igual que la chilena Sky Airline, que debe trabajar con urgencia para actualizar el software, ya que en el caso de Sky, la mayoría de sus aviones son Neo.

Aerolíneas Argentinas, no se ha visto afectada porque su flota de corto y medio alcance es exclusivamente Boeing 737 (NG y MAX) y Embraer 190, aviones que utilizan una arquitectura de computadoras diferente y no están afectados por esta directiva de Airbus.

La solución no requiere cambiar piezas mecánicas, sino conectar una terminal de mantenimiento (laptop robusta) al avión y cargar una actualización de software o, en algunos casos, revertir a una versión anterior más estable. El proceso duró entre 30 minutos y 2 horas por avión.

El problema no era el tiempo de carga, sino la cantidad de técnicos certificados y equipos disponibles para actualizar 6.000 aviones simultáneamente en todo el planeta.

El “Efecto Solar” de octubre-noviembre de 2025 quedará en los manuales de historia de la aviación como el momento en que la industria descubrió su vulnerabilidad ante el clima espacial. Mientras las aerolíneas sudamericanas corren para instalar el parche digital, los pasajeros deberán armarse de paciencia: la seguridad, esta vez, depende de ganarle la carrera a la radiación cósmica.

Alteraciones en las compañías aéreas.

En América Latina, Avianca reportó que más del 70% de su flota -unos 100 aviones- requería la actualización.

La compañía colombiana advirtió de “importantes disrupciones” durante los próximos días y suspendió la venta de boletos para vuelos hasta principios de diciembre.

En EE.UU., American Airlines -la aerolínea que cuenta con más A320 en su flota- informó que 340 de sus 480 aparatos requerían la actualización, y aseguró que la mayoría estarían operativos en el plazo de uno o dos días.

Delta también, anticipó posibles demoras, mientras que United señaló no estar afectada.

Otras aerolíneas europeas y asiáticas también, confirmaron alteraciones: Lufthansa, IndiGo y easyJet comunicaron que retirarían temporalmente aviones del servicio para aplicar los cambios, aunque esta última aseguró haber completado ya el proceso y prevé operar con normalidad.

Una situación muy inusual.

Expertos consultados por la BBC subrayan que se trata de un caso “extremadamente inusual”. Aunque existe un historial de que partículas solares de alta energía interfieran con sistemas electrónicos, los estándares de aviación contemplan varios sistemas de respaldo para evitar que un evento afecte la controlabilidad de un avión comercial.

El incidente del A320 de JetBlue, sin embargo, mostró que el problema solo se ha detectado tras una reciente actualización de software, algo que no se había observado con versiones anteriores.

Airbus afirma que la falla no había ocurrido con versiones anteriores del software. La familia A320, que incluye los modelos A319 y A321, es la más vendida del mundo y constituye el núcleo de muchas flotas globales.

Quizás, lo más destacado de este incidente es la rápida respuesta de toda la industria aeronáutica en pro de la seguridad.



VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet. RN, LN, BBCnews, infobae, meteored.

BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 47 / 2025

Santiago, 30 de diciembre de 2025

QUE PASA EN EL ESPACIO AÉREO Y LA AVIACIÓN COMERCIAL EN VENEZUELA



Por Víctor Villalobos. Director de Asuntos Aeronáuticos. 06 min de lectura.

La crisis entre Estados Unidos y Venezuela en 2025, se centra en un despliegue militar estadounidense en el Caribe, acusaciones de narcotráfico contra el régimen de Nicolás Maduro y crecientes tensiones diplomáticas que han llevado a alertas de seguridad máximas y suspensión de vuelos comerciales.

El conflicto comenzó en agosto de 2025, cuando Estados Unidos desplegó fuerzas navales cerca de las costas venezolanas.



La mayoría de los vuelos extranjeros que entran y salen del Aeropuerto Internacional Simón Bolívar, el principal aeropuerto de la capital venezolana, Caracas, han sido cancelados. Credit..Li Muzi/Xinhua, vía Getty Images

El motivo declarado por Washington, es la acusación al gobierno de Maduro de facilitar el narcotráfico a través de grupos como el Cártel de los Soles y el Tren de Aragua.

La respuesta venezolana no se dejó estar, Caracas respondió con ejercicios militares internos y un discurso de resistencia frente a lo que considera una agresión imperialista.

Las Operaciones de EE.UU.

La administración Trump ha realizado ataques contra embarcaciones sospechosas de narcotráfico, con un saldo de mas de 100 muertos y 30 lanchas destruidas en dichos operativos.

Con el correr del tiempo, se prevee una posible expansión de estas operaciones. En este mes de diciembre, el presidente Trump anunció que la estrategia podría pasar de ataques marítimos a acciones terrestres en Venezuela.

Al mismo tiempo, se aumentó la presencia militar, con la llegada del portaaviones USS Gerald R. Ford (CVN-78), el más grande y moderno del mundo al Caribe, aumentando la presión sobre Venezuela, imponiendo nuevas prohibiciones aéreas, con el resultado de nuevas restricciones a los vuelos comerciales en varias zonas.



Imagen tomada a las 17.40 del domingo 30 de noviembre donde se ve el tráfico aéreo en Norte y Centroamérica en contraste con el de Venezuela.

El Instituto Nacional de Aeronáutica Civil de Venezuela (INAC) ha tomado medidas que afectan principalmente áreas del oriente y centro del país e incluso zonas cercanas al mar Caribe, en momentos en que la seguridad regional está bajo creciente atención internacional por el despliegue estadounidense en el Caribe.

El Instituto Nacional de Aeronáutica Civil de Venezuela impuso nuevas restricciones en el espacio aéreo de Venezuela, al establecer cuatro zonas de exclusión en el FIR Maiquetía, que prohíben vuelos comerciales, incluidos sobrevuelos y cruces en los segmentos delimitados.

Según el documento, las aeronaves civiles quedan impedidas de operar en coordenadas específicas del espacio aéreo venezolano debido a “operaciones militares”, lo que obliga a rutas alternativas y coordinación estricta entre pilotos y centros de control. Estas restricciones afectan principalmente áreas del oriente y centro del país e incluso zonas cercanas al mar Caribe, en un momento en que la seguridad regional está bajo creciente atención internacional por el despliegue estadounidense frente a Venezuela, el que se ha intensificado en las últimas semanas.



¿Cuáles son las zonas afectadas por la restricción del Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC)?

Zona de exclusión N-5

Norte del estado Zulia, península de La Guajira (cerca de la frontera con Colombia).

Zona de exclusión N-6

Sur del Lago de Maracaibo, Perijá, frontera Zulia/Táchira.

Zona de exclusión N-7

Llanos occidentales, límite Apure/Barinas y hacia el sur.

Zona de exclusión N-8

Amazonas, límite entre Amazonas y Bolívar (sur del país).

En el #NOTAM A0622/25 del FIR Maiquetía, se establecen las restricciones de las operaciones de aviación civil y general, incluyendo sobrevuelos, mediante las "zonas de exclusión" que allí se establecen. Este #NOTAM A0622/25 es válido del 30/11/25 al 01/03/26.

El presidente estadounidense Donald Trump declaró recientemente que el espacio aéreo de Venezuela debe considerarse "cerrado en su totalidad", lo que elevó la percepción de riesgo para la aviación civil.

Las aerolíneas deben decidir según su evaluación de riesgo ante el nuevo escenario, la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) reiteró que las aerolíneas deben conservar la libertad de evaluar individualmente los riesgos antes de volar hacia o sobre Venezuela, con la seguridad como prioridad absoluta.

"La seguridad es y seguirá siendo la principal prioridad de la aviación", recordó la organización, que agrupa a más de 360 aerolíneas en todo el mundo.

La entidad indicó que en contextos en los existen alertas explícitas, como las emitidas recientemente por Estados Unidos y Europa, la prudencia debe guiar la toma de decisiones, incluido suspender o cancelar operaciones si es necesario.

La Agencia Europea de Seguridad Aérea había alertado sobre los riesgos operacionales en Venezuela y recomendó extremar precauciones al menos hasta el 31 de enero de 2026. Aunque el régimen de Nicolás Maduro no ha declarado un cierre total de su espacio aéreo, el NOTAM A0622/25 incrementa las limitaciones a la aviación civil. Para IATA, los cielos deben mantenerse abiertos en principio, pero siempre subordinados al cumplimiento legal y a la protección de pasajeros y tripulaciones.

“Las aerolíneas han manifestado su disposición a reanudar los servicios hacia Venezuela tan pronto como existan las condiciones necesarias para hacerlo de manera segura”, dijo la asociación, que instó a los gobiernos a respetar la independencia operacional de las compañías.

Las rutas aéreas en Venezuela continúan suspendidas por múltiples aerolíneas, generando incertidumbre entre cientos de viajeros.

A continuación, presentamos la información más reciente, basada en los comunicados emitidos por las compañías aéreas afectadas. El estado oficial actualizado de las aerolíneas vigentes de suspensión comunicadas a la fecha:

Iberia (España): Suspendió la ruta Madrid–Caracas hasta el 31 de enero de 2026, siguiendo la recomendación de la Agencia Española de Seguridad Aérea (AESA).

Air Europa: ha prorrogado la suspensión al menos hasta fines del mes de diciembre de 2025.

Plus Ultra (España): También, canceló temporalmente sus vuelos a Caracas bajo las mismas recomendaciones.

TAP Portugal: continúa con operaciones suspendidas, sin fecha confirmada de reanudación.

Copa Airlines (Panamá): Interrumpió operaciones hacia Venezuela tras la alerta de la FAA y tensiones militares.

Wingo (Colombia/Panamá) – Suspendió vuelos hacia y desde Venezuela.

Estelar: mantiene suspendidos sus vuelos, con oferta de reprogramación a partir del 16 de enero.

La aerolínea Laser Airlines, continúa sin operar vuelos desde y hacia Venezuela.

La aerolínea Satena (Colombia) – Confirmó suspensión de vuelos por motivos de seguridad.

La aerolínea estatal de Bolivia (BoA) – Canceló temporalmente sus operaciones hacia Venezuela.

Latam Airlines (Chile/Perú) – Había suspendido previamente sus rutas y perdió concesiones en Venezuela. Se agregan la aerolínea colombiana Avianca, la brasileña GOL, Turkish, Caribbean Airlines, entre otras.

Estas fechas están sujetas a cambios según evolucione la situación aérea y los permisos operativos. La suspensión de vuelos a Venezuela y también, desde Venezuela, y las fuertes limitaciones para operar desde otros países, se debe principalmente a alertas oficiales de seguridad en el espacio aéreo venezolano y del Caribe.

Organismos internacionales de aviación civil han advertido: Un incremento de actividad militar en zonas cercanas a rutas comerciales en el espacio aéreo venezolano. Existencia de riesgos operativos para aeronaves civiles en el área demarcada. Se han elaborado recomendaciones explícitas para evitar sobrevolar determinadas áreas del conflicto.

Como consecuencia, varias aerolíneas europeas han detenido temporalmente sus operaciones, algunas incluso tras recibir revocación temporal de permisos.

Esto ha dejado sin vuelos directos desde y hacia Venezuela.



Vista del aeropuerto de Maiquetía. Fuente: R. Parra / AFP.

En resumen, el conflicto lleva más de 100 días en curso y no se visibiliza un futuro termino. Se mantiene como un conflicto abierto, con riesgo de escalar hacia enfrentamientos directos. Como consecuencia de esta crisis, Venezuela impuso restricciones en parte del espacio aéreo de Venezuela (FIR Maiquetía) como medidas preventivas ante la presente crisis. Este cierre del espacio aéreo, produce un mayor aislamiento internacional y una presión económica y militar. El espacio aéreo venezolano se ha convertido en un territorio de alta tensión geopolítica. Lo anterior, no solo afecta la aviación comercial, sino también, la vida cotidiana de millones de venezolanos.

VVC, adaptación con información de fuentes abiertas, internet. Emol, El Diario, El Nacional, NYtimes, CNNespañol.



ANUARIO 2025

**CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS
Y AEROESPACIALES**

Capítulo IV

EXPOSICIONES, SEMINARIOS Y CONFERENCIAS

SEMINARIO “ACTUALIDAD INTERNACIONAL” NAVEGANDO EN LA ERA CUÁNTICA. ACANAV



El 19 de marzo, los integrantes del Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales, participaron del Seminario “Actualidad Internacional, Navegando en la Era Cuántica”, actividad organizada por la Armada de Chile, Academia de Guerra Naval.

El Seminario “Actualidad Internacional”, se realizó en el auditorio “Vicealmirante Horacio Justiniano” de la Academia de Guerra Naval, con la presencia de integrantes del Alto Mando de la Armada de Chile e invitados especiales.

CEEAA PARTICIPA EN CONFERENCIA AEROESPACIAL EN LA UNIVERSIDAD MAYOR



El 3 de abril, los integrantes del Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales, participaron de la Conferencia Aeroespacial, “Perspectivas de la Industria Aeroespacial de Chile”, actividad organizada por la fuerza Aérea de Chile, la Universidad Mayor y la Empresa THALES.



CEEAA PARTICIPA EN SEMINARIO “LA REGIÓN AUSTRAL – ANTÁRTICA Y EL EJÉRCITO DE CHILE”



El 15 de mayo, los integrantes del Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales, participaron del Seminario “La región Austral – Antártica y el Ejército de Chile”, actividad organizada por el Centro de Estudios e Investigaciones Militares (CESIM).

La actividad se realizó en el salón auditorio del Instituto Geográfico Militar, donde se analizaron y detallaron distintos temas relacionados con esta zona, que reviste un particular interés geoestratégico, tanto para el país como para la comunidad internacional.

La citada actividad académica fue presidida por el Jefe del Estado Mayor General del Ejército, General de División Rodrigo Pino Riquelme, quien estuvo acompañado por otros integrantes del alto mando institucional. Asimismo, se contó con la presencia de integrantes de centros de estudios de las Fuerzas Armadas, investigadores y académicos, así como también de alumnos de la Academia Diplomática y del programa de Estudios Antárticos de la Universidad de Chile. Igualmente, se hicieron presentes oficiales superiores y delegaciones de alumnos de las escuelas matrices.

La apertura estuvo a cargo del Director (S) del CESIM, Coronel Rodrigo López Rojas, quien dio la bienvenida a los expositores y conceptualizó sobre los alcances de esta intensa jornada académica. A continuación, el General de División (R) Luis Espinoza Arenas expuso sobre “La Región Austral – Antártica: una entidad geopolítica nacional”. Acto seguido, la Doctora Consuelo León Wöppke presentó “La Zona Austral Antártica y el pensamiento antártico nacional”.

SEGUNDA VERSIÓN DEL SEMINARIO “SUMANDO ESFUERZOS PARA EL FUTURO AERONÁUTICO DE CHILE”

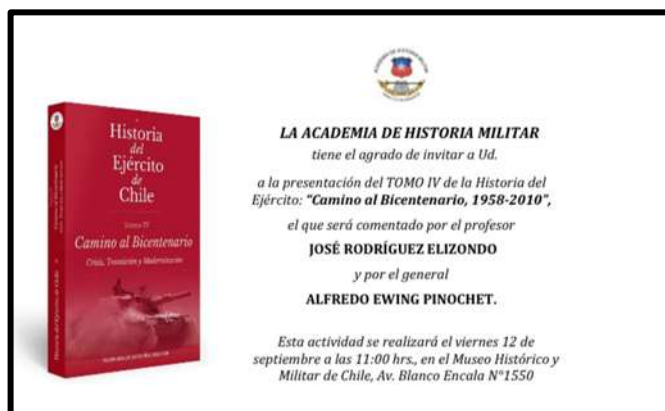


EL 29 de agosto, la Fuerza Aérea de Chile y la Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA) desarrollaron en el Centro de Convenciones de la entidad gremial, la segunda versión del seminario “Sumando Esfuerzos para el Futuro Aeronáutico de Chile”, instancia que permitió fortalecer la integración entre quienes intervienen en los procesos de regulación, educación, formación y capacitación en el ámbito de la formación técnica aeronáutica, contribuyendo a satisfacer la demanda laboral existente en el área del mantenimiento aeronáutico.

El seminario que contó con la asistencia del Comandante en Jefe de la Fuerza Aérea de Chile, General del Aire Hugo Rodríguez González y de la Presidenta de SOFOFA Rosario Navarro Bettelei, integrantes del Centro de Estudios estratégicos y Aeroespaciales (CEEAA), buscó generar una alianza colaborativa entre instituciones educativas, entidades gubernamentales, organizaciones empresariales y de formación técnica, orientada a la formación de jóvenes que en esta área, asegurando una alta empleabilidad.

Es en este contexto que la vinculación de la FACH con prestigiosos planteles de educación se hace fundamental. De allí surge la alianza con la Universidad Técnica Federico Santa María, INACAP, AIEP y el Centro de Formación Técnica Estatal de la Región Metropolitana. A los que se suman importantes organizaciones como la SOFOFA y operadores relevantes del ámbito aeronáutico, junto a socios estratégicos como el Ministerio de Educación y la Dirección General de Aeronáutica Civil.

PRESENTACIÓN DEL TOMO IV DE LA HISTORIA DEL EJÉRCITO DE CHILE "CAMINO AL BICENTENARIO, 1958 - 2010



El 12 de septiembre, los integrantes del Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales, participaron de la presentación del Tomo IV de la Historia del Ejército "Camino al Bicentenario. 1958-2010". Dicha actividad fue organizada por la Academia de Historia Militar y fue realizada en las dependencias del Museo Histórico y Militar de Chile.

Actividad que fue presidida por el Sr. Comandante en Jefe del Ejército General Javier Iturriaga del Campo. En la actividad participaron como expositores el profesor José Rodríguez Elizondo y el General de Ejército (R) Alfredo Ewing Pinochet.

CEEAA PARTICIPA EN LA EXPOSICIÓN GEOESTRATÉGICA RELATIVA A LOS EE.UU.



El 22 de septiembre, en el Aula Magna de la Academia de Guerra Aérea “General del Aire Diego Aracena Aguilar”, se dictó una exposición geoestratégica relativa a los Estados Unidos de Norteamérica, la cual fue impartida por el diplomático chileno Alfonso Silva Navarro, quien ha ocupado diversos cargos directivos en el Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile, donde destaca haber sido Subsecretario de Relaciones Exteriores en dos oportunidades. Asimismo, ejerció como Embajador de Chile en Jamaica, India, Canadá y Estados Unidos, participando, además, en diversas misiones en el extranjero.

La exposición contó con la participación del Director de la Academia de Guerra Aérea, Coronel de Aviación (DA) Gustavo Trejo, del Director del Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales (CEEAA), General Jorge Robles Mella, junto a autoridades institucionales, Oficiales Generales en retiro y miembros del CEEAA.

También, estuvieron presentes los Alumnos del Curso de Estado Mayor, CEM I y CEM II, además de integrantes del Curso de Informaciones CEIOS-2025, quienes pudieron profundizar en el análisis de la posición y el rol de Estados Unidos en el sistema global, explorando diferentes aspectos entorno a sus instrumentos de poder y relaciones internacionales en el mundo contemporáneo.

Tercera Conferencia de Soberanía Espacial Nacional titulada “Soberanía Tecnológica e Infraestructura Espacial para Chile”



El 6 de octubre, los integrantes del Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales, participaron de la Tercera Conferencia de Soberanía Espacial Nacional titulada “Soberanía Tecnológica e Infraestructura Espacial para Chile”. La actividad fue organizada por el Ministerio de Defensa Nacional, la Comisión de Defensa del Senado y la Fuerza Aérea de Chile, reuniendo a autoridades, expertos, académicos, Centros de Estudios y representantes de la industria.

La actividad contó con la presencia de la Ministra de Defensa Nacional, Adriana Delpiano Puelma; el Comandante en Jefe de la Fuerza Aérea de Chile, General del Aire Hugo Rodríguez González; el Ministro de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, Aldo Valle Acevedo; el Presidente de la Comisión de Defensa Nacional del Senado, Senador Javier Macaya Danús y el Presidente del Senado, Senador Manuel José Ossandón Irrarrázabal.



ANUARIO 2025

**CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS
Y AEROESPACIALES**

Capítulo V

WEBINARS CEEA

CEEAA DICTÓ 1^{er} WEBINAR INTERNACIONAL

El 16 de abril se desarrolló el primer Webinar del año 2025, ¿Consolidarán los EE.UU. un nuevo orden mundial?, actividad que fue organizada por el Centro de Estudios Estratégicos Aeroespaciales (CEEAA) de la Fuerza Aérea de Chile, junto a la Academia de Guerra Aérea “General del Aire Diego Aracena Aguilar” (AGA) y la Revista Pucará Defensa.

En la instancia, el profesor de la Universidad Francisco Marroquín (Guatemala) y de la Universidad de las Hespérides (España) y especialista en temas de seguridad y defensa, Pedro Trujillo Álvarez, expuso acerca de los nuevos roles en el ámbito de la seguridad y la defensa mundial, los que, según el académico, son determinados por tres grandes pilares: la Geopolítica (OTAN), la Geoeconomía (inversiones chinas) y la Geotecnología (guerra de minerales), factores que desarrolló de manera extensa.

Al finalizar, y como una manera de conclusión, señaló que no es probable que exista un cambio de orden mundial, pero sí una reconfiguración de éste, tanto en forma como en fondo, y que se redefinan ciertos roles.

Durante la exposición, los asistentes realizaron una serie de consultas al académico, las que fueron moderadas por el ex Comandante en Jefe de la Fuerza Aérea y Director Ejecutivo del Centro de Estudios Estratégicos Aeroespaciales (CEEAA), General del Aire Jorge Robles Mella, por el Comandante de Grupo (A) Daniel Adriazola de la AGA y por el editor de Pucará Defensa, Santiago Rivas.



CEEAA DICTÓ II^{do} WEBINAR INTERNACIONAL

El 28 de mayo, el Centro de Estudios Estratégicos Aeroespaciales (CEEAA) de la Fuerza Aérea de Chile junto a la Academia de Guerra Aérea “General del Aire Diego Aracena Aguilar” y Pucará Defensa, desarrollaron el Webinar denominado, “¿Cómo entender los cambios en el escenario global?”

La instancia académica profesional contó con la participación del periodista, escritor y documentalista Ignacio Montes de Oca, quien ha trabajado en medios gráficos nacionales y extranjeros desde 1990, además de desempeñarse en periodismo de investigaciones históricas y análisis de conflictos internacionales. También ha trabajado como productor periodístico y guionista en History Channel, National Geographic, Discovery Channel, Chilevisión y Canal Encuentro, entre otros.

En la ocasión, Montes de Oca se refirió al vertiginoso cambio que el mundo ha experimentado en el último tiempo, “lo que ha traído consigo un cambio de entendimiento sobre los conceptos en que nosotros hemos basado nuestra mirada”.

También, abordó de manera completa el nuevo escenario geopolítico mundial “dominado principalmente por el conflicto Rusia-Ucrania” y las consecuencias de estos sucesos en la concepción del mundo actual.



CEEAA DICTÓ EL III^{er} WEBINAR INTERNACIONAL 2025

Entre el 19 y 20 de junio, el Centro de Estudios Estratégicos Aeroespaciales (CEEAA) de la Fuerza Aérea de Chile junto a la Universidad de Servicio Público de Budapest de Hungría, desarrollaron el Webinar denominado “Crisis y Cooperación en un Panorama Global en Transformación”

La instancia académica profesional contó con la participación de destacados profesionales del área de las Relaciones Internacionales y Diplomacia.

En la oportunidad, el Director Ejecutivo del Centro de Estudios Estratégicos Aeroespaciales (CEEAA), General del Aire Jorge Robles Mella, participó como moderador y el Ex Embajador Gabriel Gaspar, expuso el tema “América del sur y los cambios en el orden mundial”.

Universidad del Servicio Público de Budapest

Conferencia de Relaciones Internacionales y Diplomacia

“Crisis y Cooperación en un Panorama Global en Transformación”

19 y 20 de junio de 2025



 UNIVERSITY OF PUBLIC SERVICE
budapest



EXPOSITORES

Gabriel Gaspar (Chile): América del Sur y los cambios del Orden Mundial

Jorge Homero Arellano Lascano (Ecuador): Inseguridad ciudadana en la región: Un freno para el desarrollo

Jorge Robles Mella (Chile): General del Aire director ejecutivo, CEEAA Moderador

19 de junio: MS TEAMS

- Budapest/Berlin/Madrid 15:00 - 16:00
- Sofia /Athens: 16:00 -17:00
- Santiago/Buenos Aires: 09:00-10:00



CEEAA DICTÓ EL IVº WEBINAR INTERNACIONAL 2025

El 10 de julio de 2025, el Centro de Estudios Estratégicos Aeroespaciales (CEEAA) de la Fuerza Aérea de Chile junto a la Academia de Guerra Aérea “General del Aire Diego Aracena Aguilar” y la Revista Pucará Defensa, desarrollaron el Webinar denominado “Guerra de Drones en Ucrania: ¿Lecciones Estratégicas para la Defensa y Seguridad en América Latina y el Caribe?”

La instancia académica profesional contó con la participación del destacado profesional Doctor Carlos Barrera del Instituto Mexicano de Estudios Estratégicos en Seguridad y Defensa Nacionales (IMEESDN).

En la oportunidad, el Director Ejecutivo del Centro de Estudios Estratégicos Aeroespaciales (CEEAA), General del Aire Jorge Robles Mella, dió la bienvenida al webinar, con una asistencia record de 282 participantes de 11 países como: USA, Perú, Brasil, Republica Dominicana, Argentina Uruguay, Ecuador, México, España, Colombia y Panamá.

En la ocasión, el Dr. Carlos Barrera desarrolló el tema de acuerdo a los siguientes temas: un nuevo paradigma: la transformación del conflicto moderno, el laboratorio ucraniano: cuatro lecciones fundamentales, el eco en la región: la amenaza de actores no estatales en América Latina y el Caribe, Vulnerabilidades Regionales: Identificando las brechas de capacidad, Hacia una Estrategia Proactiva: Recomendaciones Clave.

Para finalizar se realizó una ronda de preguntas de los asistentes las que fueron moderadas por el periodista y Director de la Revista Pucará / Defensa, Don Santiago Rivas.



CEEAA DICTÓ EL Vº WEBINAR INTERNACIONAL 2025

El 20 de agosto de 2025, el Centro de Estudios Estratégicos Aeroespaciales (CEEAA) de la Fuerza Aérea de Chile junto a la Academia de Guerra Aérea “General del Aire Diego Aracena Aguilar” y la Revista Pucará Defensa, desarrollaron el Webinar denominado “Sistemas de Armas Autónomas Letales”.

La instancia académica profesional contó con la participación del destacado profesional Doctor Francisco Rubio, de España. doctor en Sociología de la Universidad de Zaragoza, España y Master en Seguridad Global y Defensa.

En la oportunidad, el Director Ejecutivo del Centro de Estudios Estratégicos Aeroespaciales (CEEAA), General del Aire Jorge Robles Mella, dio la bienvenida al webinar, con una asistencia de 210 participantes de 12 países.

En la ocasión, el Dr. Francisco Rubio desarrolló el tema de acuerdo a lo siguientes: los objetivos, que son los SAAL, ventajas, cuestión ética, riesgos y vulnerabilidades y conclusiones finales.

Para finalizar se realizó una ronda de preguntas de los asistentes las que fueron moderadas por el Director de Innovación y Tecnología del CEEAA, General Brigada Aérea (R), Rene Jorquera Escobar.



CEEAA DICTÓ EL VIº WEBINAR INTERNACIONAL 2025

El 28 de octubre, el Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales (CEEAA) junto a la Academia de Guerra Aérea “General del Aire Diego Aracena Aguilar” de la Fuerza Aérea de Chile y la Revista Pucará Defensa, desarrollaron el VIº Webinar Internacional denominado “La nueva trinchera aérea: drones guerrilleros contra las Fuerzas Armadas Colombianas”.

La instancia académica profesional contó con la participación del destacado profesional Erick Saumeth, Analista e Investigador Colombiano en Defensa y Seguridad - Periodista.

En la oportunidad, el Director Ejecutivo del Centro de Estudios Estratégicos y Aeroespaciales (CEEAA), General del Aire Jorge Robles Mella, dio la bienvenida al V Webinar, con una asistencia de 190 participantes de 9 países. La presentación del expositor fue por parte del Comandante de Grupo (A) Don Daniel Adriazola de la Academia de Guerra Aérea.

En la ocasión, el Sr. Erick Saumeth desarrolló el tema en la temática del escenario colombiano actual en el conflicto con la guerrilla colombiana y el uso de los drones.

Para finalizar se realizó una ronda de preguntas de los asistentes las que fueron moderadas por el Director Ejecutivo de Pucará / Defensa, Don Santiago Rivas.



CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS Y AEROESPACIALES

Capítulo VI

NUESTROS COLABORADORES 2025

Nuestros Colaboradores



Academia de Guerra de la FACH.



Revista Pucará/Defensa de Argentina.



Santiago Rivas

Es periodista graduado en la Universidad Católica Argentina y fotógrafo. Hoy se desempeña como Director Ejecutivo de la Revista Pucará/Defensa.



José Tomás Muñoz Álvarez

Investigador Asociado al CEEA.



Arturo Silva López

General de Aviación en situación de retiro, Piloto de Guerra, Oficial de Estado Mayor, Profesor de la AGA, Investigador Asociado al CEEA.



Rolando Mercado Zamora

General de Brigada Aérea en situación de retiro, Piloto de Guerra, Oficial de Estado Mayor, Profesor de la AGA, Investigador Asociado al CEEA.



Luis Palma Castillo

Ex – Embajador. Investigador Asociado del CEEA.



Alejandro Moresi

Brigadier Mayor en retiro de la Fuerza Aérea Argentina. Piloto de Combate. Integrante del Centro Aeronáutico de Estudios Estratégicos de la Fuerza Aérea Argentina, Investigador Asociado del CEEA.



Alfonso Kaiser Mendía

Oficial de la Armada de Chile en situación de retiro, MBA, MSc, Ingeniero Naval, Investigador Asociado del CEEA.



Ignacio Montes de Oca

Periodista y escritor.



Ángel Rojo

Brigadier de la Fuerza Aérea Argentina en situación de retiro. Con una sólida formación aeronáutica y una trayectoria destacada en la Fuerza Aérea, su experiencia abarca múltiples facetas de la aviación militar, docencia y gestión estratégica.



Doctor Carlos Barrera

Doctor del Instituto Mexicano de Estudios Estratégicos en Seguridad y Defensa Nacionales (IMEESDN).
