

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 Satelitales. 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

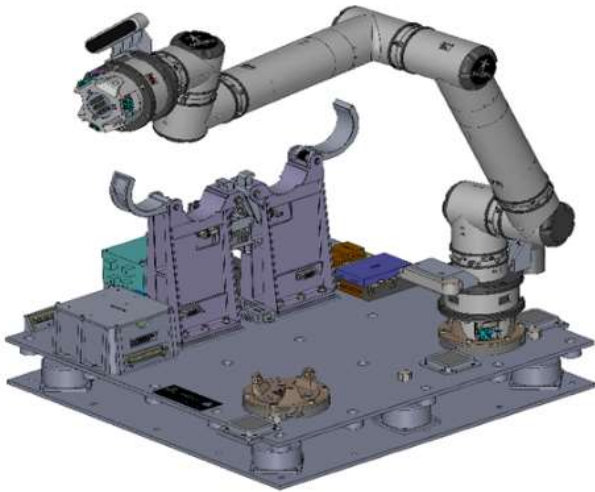
Antes de la caída en el Índico, se liberaron los remanentes de combustible para reducir el riesgo de explosión durante la reentrada. Finalmente, el módulo se desintegró al contacto con la atmósfera antes de impactar en el océano.

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.

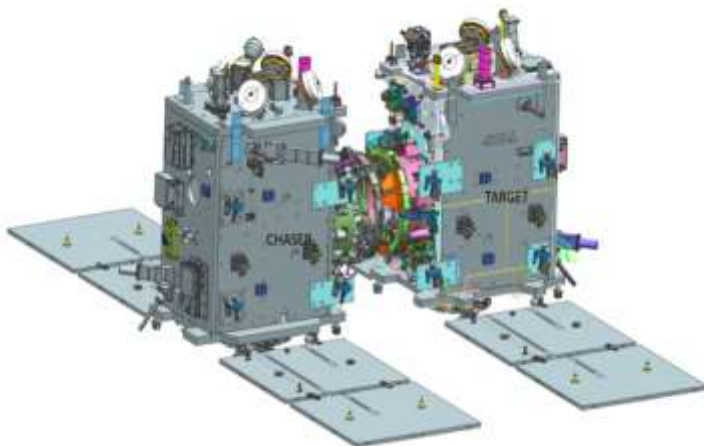


Satélites SDX01 y SDX02 Fuente: ISRO

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 Astrobe, 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