



En busca de la tecnología

MANUEL MONTES PALACIO

EN MUCHAS OCASIONES, LA DIFERENCIA ENTRE UNA MISIÓN VIABLE Y OTRA QUE NO LO ES RADICA SIMPLEMENTE EN LA EXISTENCIA O AUSENCIA DE LA TECNOLOGÍA ADECUADA PARA ELLA. PODRÍA PENSARSE QUE PROPONER UNA NUEVA INICIATIVA ESPACIAL O TENER UNA BUENA IDEA AL RESPECTO IMPLICA DE INMEDIATO SU ACEPTACIÓN SI HAY DINERO SUFICIENTE PARA PONERLA EN MARCHA. PERO NO SON POCAS LAS MISIONES QUE, INCLUSO DESPUÉS DE HABER SIDO INICIADO SU DESARROLLO HAN TENIDO QUE SER CANCELADAS DEBIDO AL AUMENTO EN LOS COSTES QUE HA IMPLICADO LA APARICIÓN DE INESPERADAS COMPLICACIONES TÉCNICAS. PROGRAMAS COMO LOS CONOCIDOS X-33 Y X-34, QUE DEBÍAN SER EL FUTURO DEL TRANSPORTE ESPACIAL, FUERON DEJADOS DE LADO POR PARTE DE LA NASA, TRAS MUCHOS MESES DE TRABAJO, ANTE LA AUSENCIA DE LA TECNOLOGÍA ADECUADA PARA HACERLOS REALIDAD CON UN COSTE RAZONABLE. EN VISTA DE ESAS DESAGRADABLES EXPERIENCIAS, LAS AGENCIAS ESPACIALES ESTÁN INICIANDO UN CADA VEZ MAYOR NÚMERO DE PEQUEÑOS PROGRAMAS DE DEMOSTRACIÓN, LOS CUALES BUSCAN RESOLVER PROBLEMAS CUYA SOLUCIÓN HARÁ VIABLES FUTURAS MISIONES MUCHO MÁS AMBICIOSAS

La NASA, en particular, dispone de un programa específico dedicado a avanzar en la tecnología de base que permita afrontar con garantías de éxito los retos de la astronáutica del futuro, bautizando con el nombre de Technology Demonstration Missions (Misiones de Demostración de Tecnología) a todas aquellas que se engloban en este ámbito en particular. A pesar de su carácter técnico, algunos de sus logros han llegado a los medios de comunicación por su espectacularidad.

Tender puentes: ese era el objetivo de las misiones de demostración (TDM) realizadas hasta ahora y seguirá siéndolo para aquellas que se llevarán a término futuramente. Puentes entre las necesidades y los medios disponibles, aplicándose ello no solo a cuestiones técnicas y de ingeniería, sino también a las científicas. En suma, se trata de encontrar soluciones revolucionarias a problemas complejos que de otro modo harían imposible llevar a cabo determinadas misiones. Muchas de estas últimas, planteadas inicialmente a grandes rasgos, no tienen

constancia al principio de las verdaderas dificultades que se ocultan en pos de determinadas metas y que las harán irrealizables, tras desperdiciar mucho dinero. Por eso, las misiones TDM, aprobadas bajo un estricto escrutinio, son configuradas para hacer realidad otras en el futuro, beneficiando tanto a las misiones espaciales comerciales como a las gubernamentales.

Su selección no es pues precisamente aleatoria. Se trata de hacer el mayor caso posible a las necesidades del “cliente”, para que la tecnología obtenida y probada pueda ser aprovechada cuanto antes. En función de la naturaleza de esa tecnología, las misiones de demostración podrán llevarse a cabo en el espacio, pero también en tierra, pues implicarán un amplio programa de ensayos de todo tipo. El resultado final: reducir el riesgo inherente de los ya de por sí complicados proyectos espaciales, y conseguir el máximo rendimiento de las inversiones realizadas en el espacio.

Las misiones TDM están en marcha desde hace más de una década y algunas, de hecho, han concluido ya.

Es el caso de la MISSE-X (Materials International Space Station Experiment-X), que consistió en la instalación en el exterior de la estación espacial internacional de una serie de plataformas equipadas con soportes para ensayar la resistencia de diversos materiales al ambiente espacial. En el transcurso del tiempo en que estuvo operativo, desde 2001, el sistema probó unas 4.000 muestras de materiales diversos, incluyendo lubricantes, pinturas, tejidos, células solares, etc. Una vez examinados de nuevo en el laboratorio, los expertos han podido determinar si estos materiales avanzados pueden incorporarse a futuras naves espaciales y satélites, aumentando así su rendimiento y seguridad.

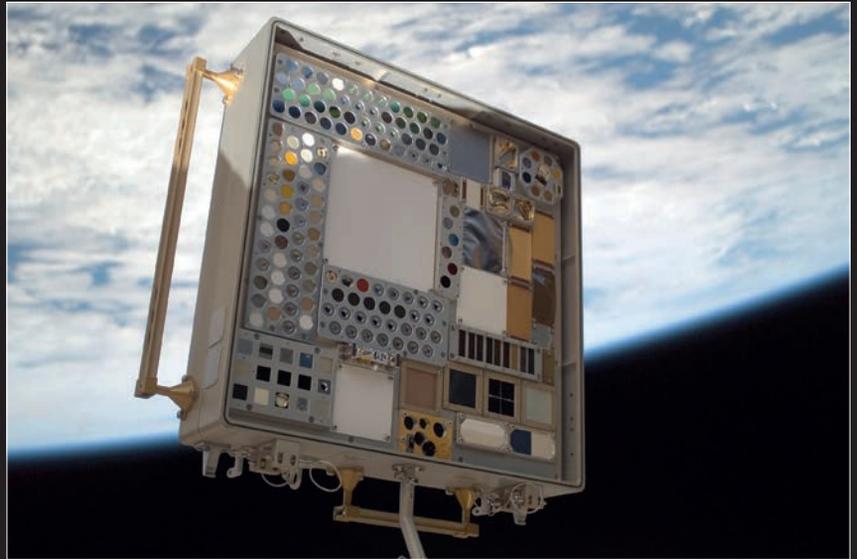
Otra misión TDM ya completada fue la llamada ALHAT (Autonomous Landing and Hazard Avoidance Technology), dedicada a desarrollar tecnología que permita a futuras naves espaciales automáticas aterrizar en otros lugares del sistema solar, y ser capaces de reaccionar ante posibles peligros que dificulten la maniobra. Estas tecnologías deben saber reconocer la

zona de descenso, evaluar su estado y posibles obstáculos (como rocas o agujeros, etc.), y actuar en consecuencia, todo ello en tiempo real. Los ingenieros que trabajaron en estos elementos completaron su diseño en 2011 y después desarrollaron un prototipo que fue instalado en el vehículo Morpheus Vertical Test Bed, que además de ensayar nuevas tecnologías de propulsión, efectuaría a lo largo de los siguientes años varios vuelos durante los cuales despegaría y aterrizaría de forma autónoma en recintos controlados.

INNOVACIÓN

El programa TDM sigue activo y con un gran número de frentes abiertos. Algunas de sus misiones están ya proporcionando interesantes y prometedores resultados y otras lo harán pronto.

Uno de los avances que será muy útil para las misiones espaciales del futuro será el del repostaje. Se han hecho con anterioridad transferencias de combustible entre naves en órbita, por ejemplo entre las naves de carga Progress y la estación espacial internacional. Sin embargo, son transferencias relativamente seguras debido al tipo de combustible empleado. La NASA está pensando en lanzar naves tripuladas a Marte y más allá, y uno

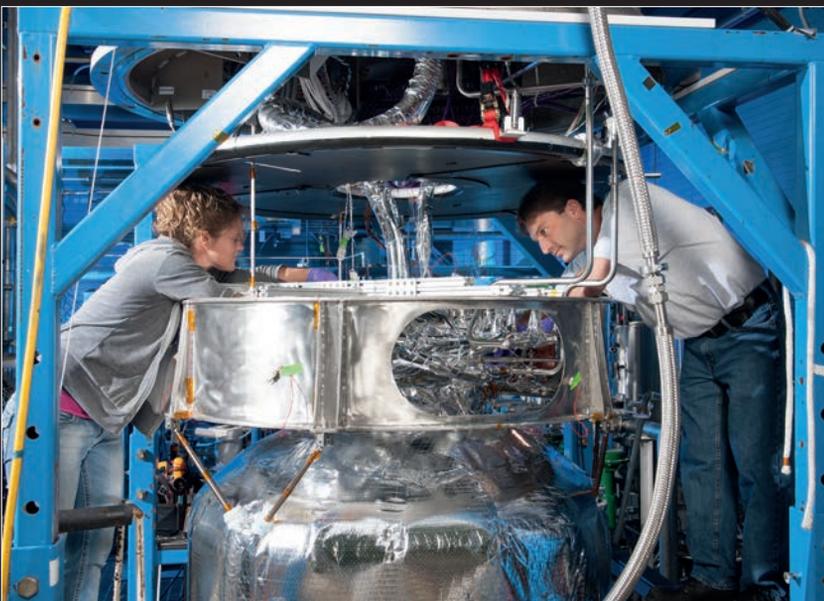


Los MISSE-3 y 4, en órbita junto a la estación espacial internacional, repletos de muestras de materiales diversos. (Foto: NASA)

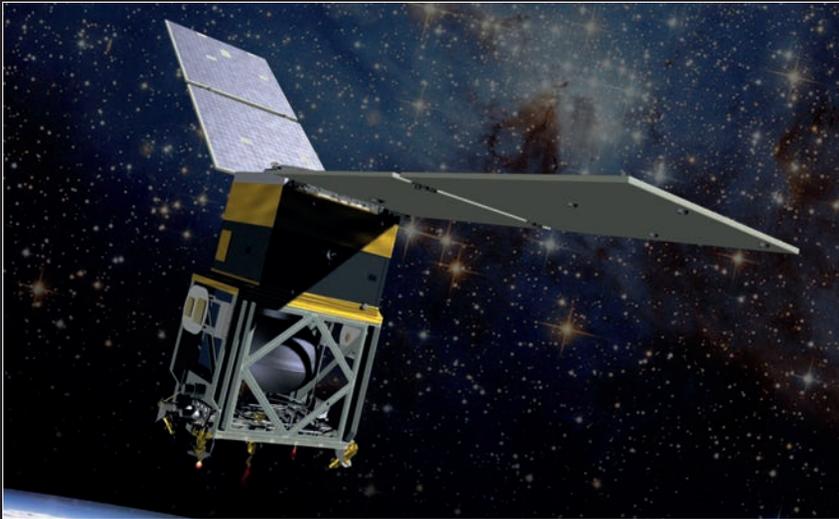
de los conceptos barajados es precisamente el repostaje a partir de depósitos estacionados en órbita terrestre y lunar, que actuarían como gasolineras. Pero para aumentar al máximo el rendimiento de los motores que usarán estos vehículos, estos consumirán propergoles (combustible y oxidante) criogénicos, es decir, hidrógeno y oxígeno líquidos. Estas sustancias deben mantenerse muy frías para mantener su estado físico, y se evaporan rápidamente, de modo que implican una tecnología mucho más avanzada.

Así pues, la misión TDM llamada CPST (Cryogenic Propellant Storage & Transfer) tratará de ensayar el almacenamiento, transferencia y medición de cantidades de propergoles en ambientes espaciales y durante largo tiempo. Se había previsto inicialmente organizar una misión en órbita para probar la tecnología desarrollada, pero la demostración (eCryo) se hará ahora en tierra debido a los escasos presupuestos disponibles cuando fue aprobada.

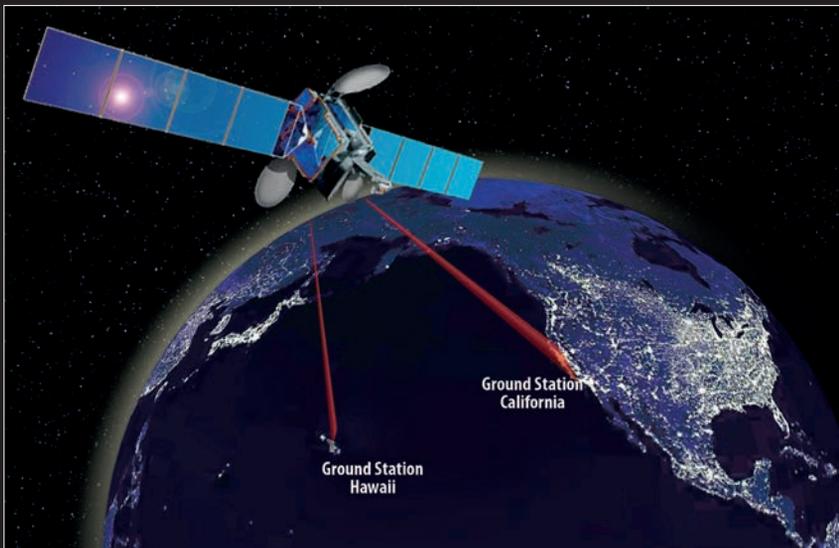
A pesar de todo, el repostaje de satélites en órbita se contempla como una opción muy atractiva, por cuanto puede multiplicar también la vida útil de un vehículo ya en el espacio. En este sentido, se hace necesario disponer de medios técnicos que faciliten el encuentro automático, el acoplamiento y la transferencia de propergoles a un hipotético ingenio en los momentos finales de su vida útil debido a la falta de combustible, pero perfectamente operativo. Por ello, la NASA ha iniciado una misión TDM llamada Restore-L que, a partir de 2020, tratará de demostrar la viabilidad del repostaje de un satélite activo en órbita. En la práctica, la misión pondrá en juego diversas tecnologías relacionadas con el mantenimiento espacial (reparación, sustitución de instrumentos, transporte orbital...). Si tiene éxito, gracias al uso de la telerrobótica se reducirán grandemente las exigencias



Trabajos para la misión CPST. (Foto: NASA)



El vehículo Morpheus utilizó el sistema ALHAT. (Foto: NASA/JSC)



El sistema LCRS ensayará técnicas de comunicación óptica en satélites comerciales. (Foto: NASA)

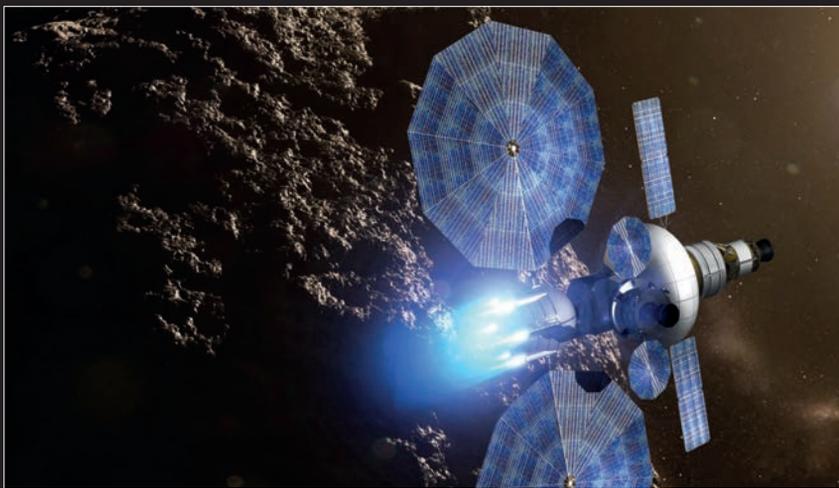


Ilustración sobre la misión GPIM. (Foto: Ball Aerospace & Technologies Corp.)

de disponibilidad de vuelos tripulados futuros para restablecer el funcionamiento de ciertos vehículos autónomos. Lo más interesante es que Restore-L efectuará su primera tarea con un satélite que no ha sido diseñado para ser reparado/abastecido en el espacio, y que además tiene un alto valor científico: el Landsat-7, dedicado a la observación de la superficie terrestre. El robot Restore-L dispondrá de un brazo que agarrará literalmente a este último, tras las oportunas maniobras de encuentro, efectuando inmediatamente después el llenado de sus tanques de combustible para maniobras orbitales. El Restore-L también usará su propio sistema de propulsión para corregir la órbita del Landsat, y así prolongar su vida útil. Si un sistema como este se generaliza, los propietarios de las actuales constelaciones de satélites, incluyendo los comerciales de comunicaciones, podrán extraer más rendimiento de sus costosas inversiones iniciales. Otras tareas de un sistema como el Restore-L podrían incluir la captura y retirada de la órbita de vehículos obsoletos y piezas de lanzamientos espaciales que suponen un riesgo como chatarra espacial.

Otra de las misiones TDM tendrá que ver con los relojes de navegación. En la Tierra podemos saber dónde estamos gracias a la red de satélites GPS. Sin embargo, en el caso de las sondas de espacio profundo, este método no es válido. Además de tener en cuenta los parámetros de su trayectoria, los científicos creen que es posible alcanzar una navegación muy precisa utilizando las frecuencias de radio. Pero para que ello sea posible, es necesario disponer de un sistema de medición del tiempo igualmente exacto. La NASA, por tanto, está preparando un proyecto llamado DSAC (Deep Space Atomic Clock), que buscará validar el funcionamiento de un nuevo reloj atómico para tareas de navegación a gran distancia de nuestro planeta. Será un reloj de ion mercurio que superará hasta en un orden de magnitud la precisión de los mejores relojes actuales. Los diseñadores están trabajando en una unidad de vuelo de demostración que será integrada en el satélite Space Test Program 2 (STP-2) de la US Air Force, el cual

será colocado en órbita en 2017. Se espera que sea ensayado durante al menos un año.

En la misma misión STP-2 está prevista la inclusión de la carga útil GPIN (Green Propellant Infusion Mission). Esta consiste en probar un sistema de propulsión alternativo, el cual emplea un combustible “verde”, mucho más seguro que los viejos. Actualmente, los satélites y naves espaciales suelen usar hidracina, que aunque efectiva es una sustancia muy tóxica. El llenado de sus tanques es pues muy lento y peligroso, e implica el uso de personal especializado protegido por trajes de aislamiento. El nuevo combustible, de alto rendimiento, permitirá

se sobre Marte, etc. Lo que la NASA quiere conseguir ahora es mejorar el apartado de la teleoperación, es decir, el control de esos dispositivos robóticos, en el marco de la exploración humana. Cuando esta tecnología, la citada telerrobótica, haya avanzado, podremos usar robots para muchas tareas rutinarias, dentro y fuera de las naves espaciales, disminuyendo la exposición de los astronautas frente a posibles peligros, y aumentando el rendimiento y la precisión de las operaciones.

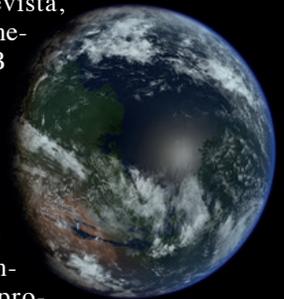
La NASA consiguió un gran éxito con la sonda lunar LADEE, cuando durante un mes se utilizó su sistema LLCD para ensayar comunicaciones ópticas (por láser) desde grandes distancias. Fue posible descargar datos y fotos a velocidades de 622 megabits por segundo, lo que indica que la tecnología está lista para ser utilizada de forma operativa. Para asegurar esto último, se ha puesto en marcha una misión TDM llamada LCRD (Laser Communications Relay Demonstration), que volaría en 2017 a bordo de un satélite comercial, sobre el ecuador, y la cual probaría velocidades de transmisión de datos en el espacio de 10 a 100 veces más rápidas que las utilizadas habitualmente con ondas de radio, pero sobre todo, usando menos masa y energía. Su disponibilidad aumentaría la capacidad de este tipo de redes, o permitiría disminuir el tamaño y el coste de los actuales satélites de comunicaciones.

PENSANDO EN MARTE

Una de las misiones TDM más espectaculares de los últimos tiempos la protagonizó el experimento LDSD (Low-Density Supersonic Decelerator). Los resultados obtenidos ayudarán a los ingenieros a proyectar los sistemas de aterrizaje de las cápsulas

y sondas del futuro. Estos vehículos utilizan las atmósferas de los planetas en los que van a aterrizar para reducir su velocidad de llegada, porque de este modo, gracias al rozamiento, se ahorra combustible en el sistema de propulsión, que ya no debe utilizarse a excepción de durante las maniobras de ajuste y el aterrizaje final. El problema es que los vehículos cada vez pesan más y es más difícil frenarlos. Para compensarlo, es necesario ampliar la superficie de rozamiento, para lo cual los ingenieros quieren utilizar sistemas basados en airbags inflables y paracaídas supersónicos. Ahora bien, abrir uno de ellos a velocidades supersónicas no es precisamente fácil. La tecnología necesaria para ello está afortunadamente disponible y está siendo ensayada. La primera misión LSDS, con el aspecto de un platillo volante, fue llevada a gran altitud por un globo el 28 de junio de 2014, para probar la técnica de lanzamiento. Tras alcanzar la altitud prevista, utilizó un cohete Star-48B para aumentar la velocidad hasta Mach 4,32, abrió su airbag circular y después intentó hacer lo propio con su paracaídas supersónico, de 30,5 metros, el doble de grande que el usado en Marte por la misión del robot Curiosity (Mars Science Laboratory). Por desgracia, el paracaídas se rompió casi de inmediato, y el vehículo impactó en el océano Pacífico a un máximo de 48 km/h.

El 8 de junio de 2015 se efectuó un segundo ensayo, utilizando para ello un airbag de 6 metros y un paracaídas reforzado. Sin embargo, este último volvió a romperse. Es obvio que es necesario un salto adelante en esta tecnología para garantizar su buen funcionamiento, y pruebas como esta son fundamentales para lograrlo. Nadie desea contemplar a una carísima sonda de aterrizaje marciana chocando contra la superficie del Planeta Rojo debido al fallo de su paracaídas. Se esperan más pruebas de este tipo, pues, a partir de 2017.



sustituir la hidracina y su introducción en los vehículos en “mangas de camisa”, así como de forma muy rápida. Se espera pues que los preparativos para un lanzamiento se recorten sustancialmente, de semanas a días, así como los costes asociados.

Uno de los campos en los que la NASA trabaja desde hace tiempo es en el uso de robots y robótica en general en el ámbito espacial. Recordemos el Robonauta humanoide o los vehículos SPHERES (que operan en la estación espacial internacional), en los brazos robóticos para trasladar cargas, en los robots que operan moviéndose



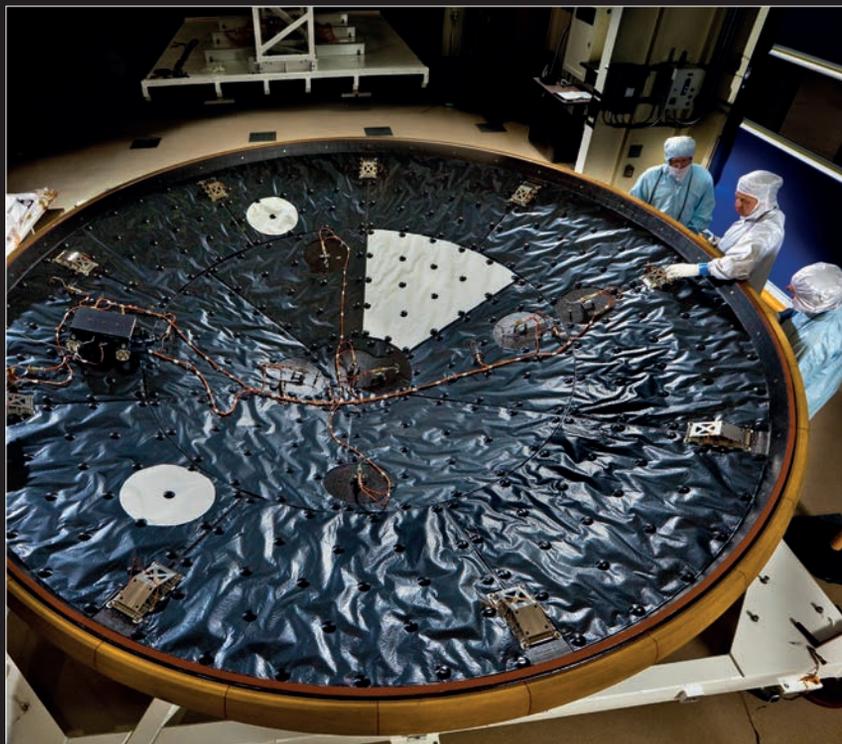
La vela solar de la misión SSD acelerará lentamente gracias a la presión del viento solar. (Foto: NASA)

El mencionado Curiosity, precisamente, o más bien el escudo térmico de su nave de descenso y aterrizaje, participó en agosto de 2012 en un experimento para las misiones TDM. Dicho escudo fue dotado con un equipo llamado MEDLI (MSL Entry, Descent, & Landing Instrument), cuyos sensores fueron pensados para estudiar las

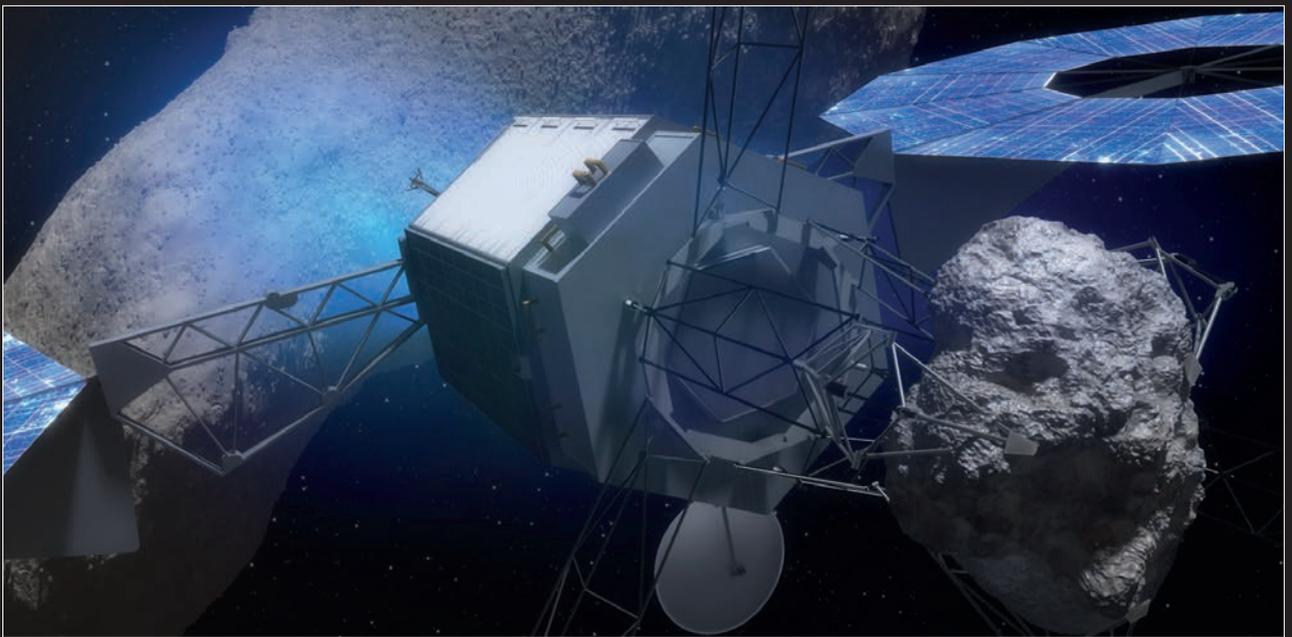
condiciones atmosféricas encontradas por el vehículo durante el descenso y el comportamiento del escudo térmico. Esta información será muy útil para aumentar la seguridad de futuras misiones marcianas.

La propulsión avanzada continuará teniendo un papel importante entre las TDM. Una de ellas se llama SEP

(Solar Electric Propulsion) y buscará reducir el coste de los viajes hacia Marte y los asteroides del cinturón principal, mediante la utilización de un sistema de propulsión eléctrica solar. Este utilizará 10 veces menos combustible que un sistema químico convencional, en este caso xenón. Capturando energía del Sol con sus paneles solares avanzados (de dos tipos, ATK MegaFlex y Mega-ROSA), operará un motor iónico de tipo Hall a bordo de un satélite de demostración. El sistema podrá ser empleado también como alternativa para satélites comerciales, en órbita terrestre. En esencia, el combustible xenón, un gas inerte, es ionizado por un campo magnético con electrones atrapados, siendo acelerado para producir un escape propulsivo con un empuje útil. Ya se ha ensayado un propulsor Hall de 12,5 kilovatios cuyo blindaje magnético le permitiría funcionar durante años, ininterrumpidamente, abriendo las puertas para su uso con grandes cargas en rutas interplanetarias. Los ingenieros trabajan para desarrollar un sistema de propulsión Hall con una potencia total de 40 kW que debería ser empleado en una posible captura de un fragmento de asteroide para su traslado a las cercanías de la Tierra, probablemente alrededor de la Luna (Asteroid Redirect Robotic Mission), donde podría ser examinado por astronautas enviados a bordo de una nave Orion.



Equipos del experimento MEDLI dentro del escudo térmico de la misión del robot marciano Curiosity. (Foto: Lockheed Martin)



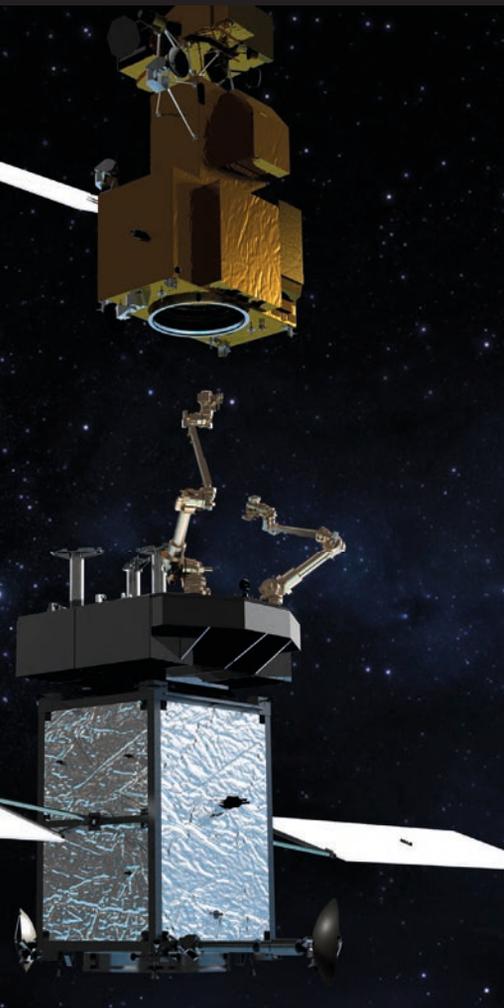
Captura de un fragmento de asteroide durante la misión Asteroid Redirect Robotic Mission. (Foto: NASA)

Y si la mejora de la propulsión eléctrica es uno de los objetivos de la NASA, no lo es menos el ensayo del concepto de las velas solares. La agencia ha desarrollado el denominado SSD (Solar Sail Demonstrator), probado en tierra en el período de 2005 a 2006, y que además aprovechará las enseñanzas del experimento de despliegue NanoSail-D, en 2011. Pero a diferencia de esta última, la nueva vela será mucho más grande e intentará demostrar de forma práctica que la presión del viento solar es adecuada para propulsar vehículos de mayor tamaño gracias a este tipo de velas ultradelgadas, que abren la posibilidad de alcanzar grandes velocidades y efectuar viajes a grandes distancias sin necesidad de gastar combustible.

También en el campo de la propulsión, hay que recordar que la NASA está desarrollando un gran cohete llamado SLS que debe servir para misiones tripuladas hacia Marte y los asteroides. Uno de los secretos del potencial de este vehículo, como ya ocurriera con el viejo Saturno-V lunar, es su etapa superior, encargada del último impulso fuera de la Tierra. El rendimiento de esta etapa es fundamental, más allá de la fuerza bruta de las fases inferiores del cohete. En busca de reducir al máximo la masa de la etapa Exploration Upper Stage y consecuentemente aumentar su carga útil, los ingenieros están pensando

en utilizar gran cantidad de materiales compuestos. Pero esta tecnología no es fácil de dominar, y requiere de maquinaria de gran precisión. Para allanar este camino, la NASA ha financiado una misión TDM, llamada CEUS (Composites for Exploration Upper Stage), que ensayará el uso de robots para la construcción en tierra y en la escala prevista de piezas para los tanques de hidrógeno líquido que se emplearán en la citada etapa superior. Los técnicos probarán el sistema y los resultados, comprobando la facilidad de construcción, los márgenes estructurales y otros aspectos, como las mejoras que la tecnología implicará en cuanto a aislamiento térmico.

Como es natural, la NASA continuará prestando mucha atención a las futuras necesidades de los programas espaciales para definir con antelación nuevas misiones TDM que validen tecnologías imprescindibles para su éxito. •



Una futura misión a Marte o los asteroides podría usar tecnología de propulsión eléctrica solar. (Foto: NASA)