

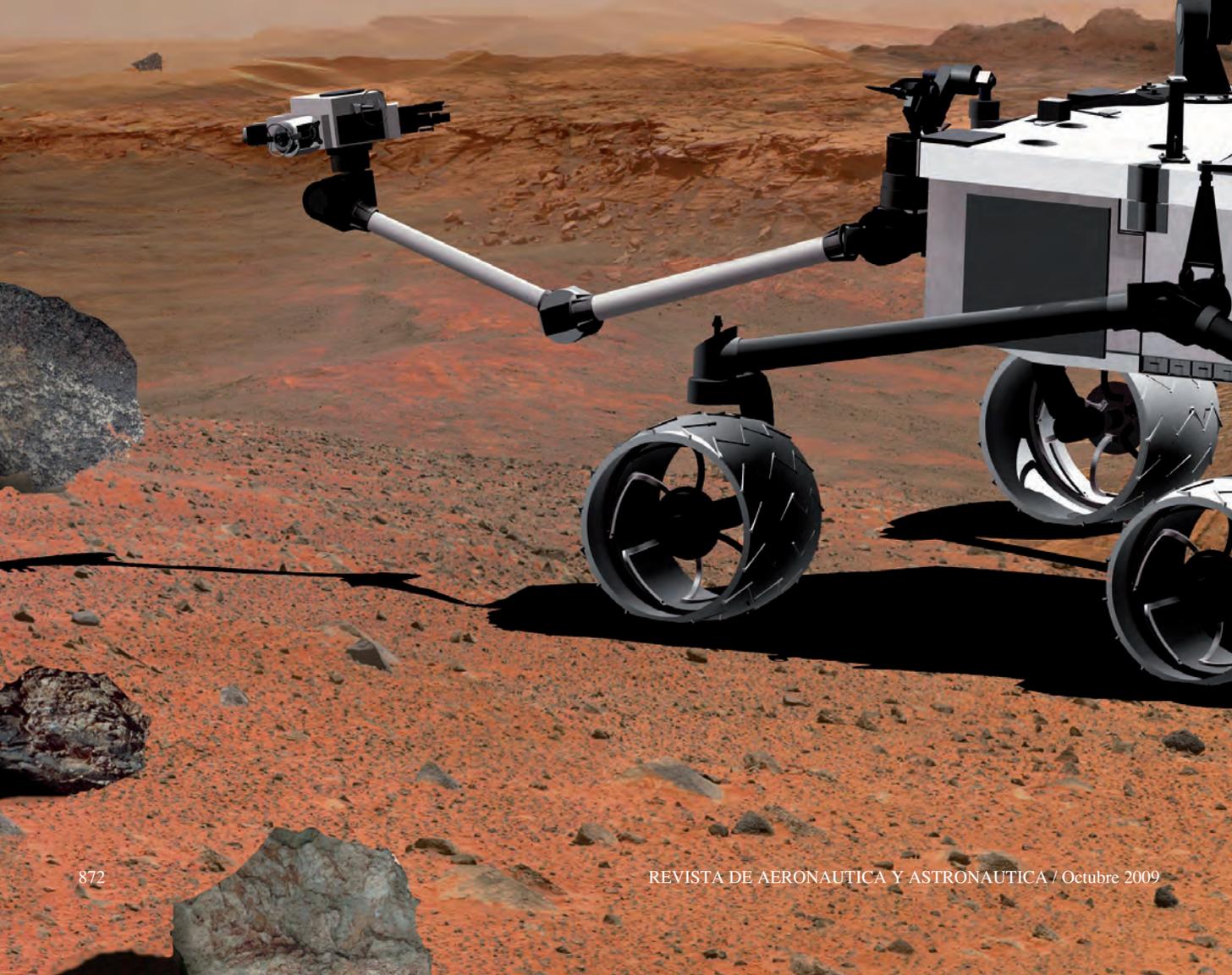
# MSL: *expedición a Marte*

MANUEL MONTES PALACIO

EL PRÓXIMO ROBOT MARCIANO DE LA NASA, EL MSL (MARS SCIENCE LABORATORY), HA VISTO RETRASADO SU LANZAMIENTO EN DOS AÑOS DEBIDO A DIFICULTADES TÉCNICAS Y PROBLEMAS PRESUPUESTARIOS. PERO, MÁS ALLÁ DE LA DECEPCIÓN QUE ELLO PODRÍA SUPONER, LOS INVESTIGADORES ESTÁN MÁS QUE DISPUESTOS A ESPERAR. SI EXITOSAS HAN SIDO LAS MISIONES DE LOS MER, AÚN ACTIVOS SOBRE LA SUPERFICIE MARCIANA, EL MSL, BAUTIZADO AHORA COMO CURIOSITY, PROMETE MULTIPLICAR SUS RÉDITOS CIENTÍFICOS Y OBTENER RESPUESTAS QUE HEMOS ESTADO PERSIGUIENDO DURANTE MUCHO TIEMPO.

El programa fue anunciado con gran despliegue de medios en cuanto los MER (Spirit y Opportunity) alcanzaron el suelo del Planeta Rojo y empezaron a revolucionar nuestro conocimiento sobre él. Pensados para durar apenas unos meses, sería necesario idear cuanto antes un nuevo robot más longevo que ellos y preparado para contestar las preguntas que sus antecesores dejarían en el aire. La fecha de su lanzamiento: otoño de 2009.

Sin embargo, la evolución técnica del vehículo y su desarrollo han sido más costosos y complicados de lo esperado. Como consecuencia de eso, en diciembre de 2008, la NASA anunció el retraso de su despegue hasta la siguiente ventana de oportunidad, en otoño de 2011. Los problemas técnicos podrían haberse solucionado en pocos meses, y quizá incluso a tiempo de alcanzar la fecha prevista para el lanzamiento. Pero el coste de la misión y su importancia



han hecho recomendar dedicar todo el tiempo posible a asegurar que todo esté a punto. El período suplementario ayudará a comprobar todos los sistemas, disminuyendo los riesgos, y a absorber los gastos adicionales adquiridos (2.100 millones de dólares, frente a los 1.600 inicialmente previstos), repartiéndolos en otros dos años fiscales.

Por fortuna, los MER han seguido operando durante mucho más tiempo de lo que se creía posible. Su presencia en Marte ya no se cuenta en meses sino en años, y aunque sus achaques son frecuentes, aún pueden aportar mucha información científica a los investigadores planetarios, quienes pueden esperar con tranquilidad la disponibilidad de su sucesor. No puede anticiparse si los MER aún funcionarán cuando el MSL viaje finalmente hacia Marte, pero al menos los controladores e ingenieros que han participado en el programa no habrán tenido que pasar demasiado tiempo ociosos.

La experiencia obtenida con los Spirit y Opportunity será crucial. Los problemas encontrados en éstos habrán servido para que el Curiosity pueda despegar con mayores garantías de éxito. Una vez en Marte, sin embargo, el MSL ofrecerá unas capacidades sin parangón que significarán un enorme salto adelante en nuestra exploración del planeta.

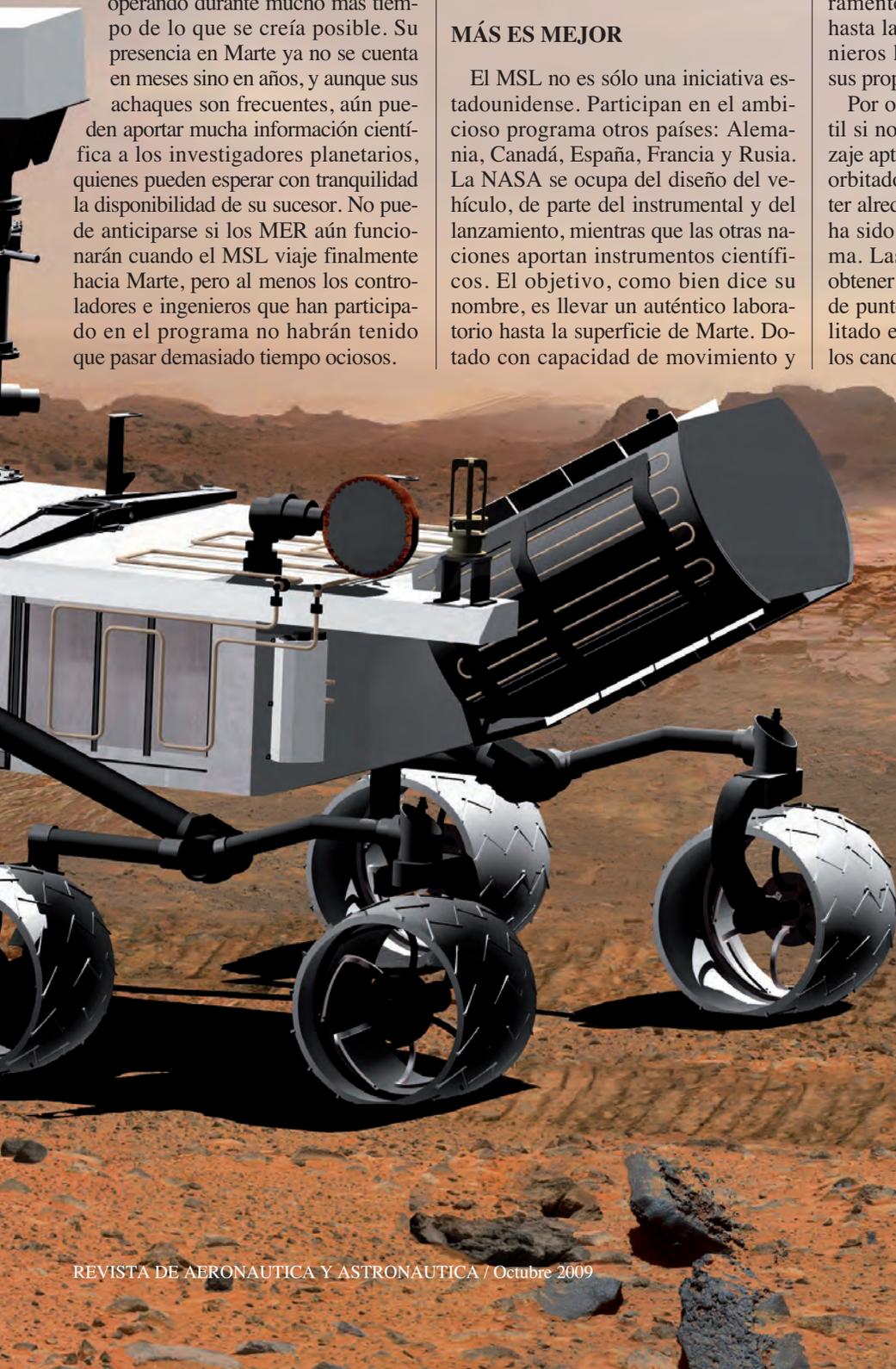
### MÁS ES MEJOR

El MSL no es sólo una iniciativa estadounidense. Participan en el ambicioso programa otros países: Alemania, Canadá, España, Francia y Rusia. La NASA se ocupa del diseño del vehículo, de parte del instrumental y del lanzamiento, mientras que las otras naciones aportan instrumentos científicos. El objetivo, como bien dice su nombre, es llevar un auténtico laboratorio hasta la superficie de Marte. Dotado con capacidad de movimiento y

un plan de trabajo amplio, el robot estará en disposición de analizar muestras de suelo y rocas, y de buscar pistas que puedan señalarnos la habitabilidad del planeta, pasada o presente.

Para hacerlo posible, el MSL es cinco veces más pesado que los robots MER, lo que incluye una masa diez veces mayor de instrumental científico. La magnitud de la empresa es claramente superior a todo lo realizado hasta la fecha, de modo que los ingenieros han diseñado una misión con sus propias particularidades.

Por otro lado, su potencial sería inútil si no se eligiera una zona de aterrizaje apta para la tarea. La presencia del orbitador Mars Reconnaissance Orbiter alrededor de Marte, en este sentido, ha sido una bendición para el programa. Las cámaras del MRO permiten obtener visiones en altísima resolución de puntos escogidos, lo que ha permitido examinar con atención a todos los candidatos y efectuar una selección



NASA

*El Mars Science Laboratory será la próxima gran misión hacia la superficie marciana.*



*Comparativa entre los robots MER, Sojourner y MSL.*

con garantías de seguridad y resultados. Los científicos iniciaron en junio de 2006, con un congreso, la labor de redactar una primera lista de 100 lugares potencialmente interesantes. Los integrantes de esta lista fueron examinados poco a poco con el MRO en los meses siguientes, y antes de finalizar 2007 se había reducido el número de candidatos a una tercera parte. Nuevos trabajos de investigación dejaron esa cifra en siete en agosto de 2008, cuyo posterior examen por parte de los especialistas permitió recomendar tres objetivos: los cráteres Eberswalde, Holden y Gale. También se consideró el Mawrth Vallis (19 de noviembre de 2008). El ganador sería dado a conocer a mediados de 2009.

El lugar de trabajo del Curiosity debía ser representativo de la historia del planeta. Es decir, debía tener un registro geológico favorable, capas de roca bien conservadas y en la superficie, y evidencias de la presencia de agua. Debía ser además una zona relativamente suave y llana, para facilitar el aterrizaje, y con estructuras adecuadas para la preservación de fósiles. El objetivo de la misión es buscar trazas de habitabilidad, pero no de vida actual, y para evitar la contaminación de la zona de destino por microbios terrestres, no se contemplarían puntos en los que existiesen mayores probabilidades de existencia de microorganismos marcianos vivos.

Para estudiar todos estos parajes, la NASA solicitó propuestas de instrumentos científicos en una fase temprana del proyecto. A finales de 2004 se



*Clara Ma ganó el concurso para bautizar el MSL, con el nombre de "Curiosity"*

elegían ocho de tales propuestas. En los años siguientes se llevaría a cabo el desarrollo de ingeniería propiamente dicho, la construcción de prototipos para ensayos en tierra, etc. En septiembre de 2006 se aprobaba el lanzamiento del MSL en 2009.

En abril de 2008, sin embargo, eran ya conocidos los problemas técnicos y el aumento del coste de la misión (hasta un 24 por ciento), lo que hizo temer por su cancelación. La presencia de otros países en el proyecto impidió esta solución y se optó por traer dinero de otros programas marcianos menos avanzados. Pero medio año después, la situación se había agravado y la NASA empezó a buscar alternativas. El 3 de diciembre de 2008 se anunció oficialmente que el lanzamiento debería retrasarse hasta el 2011.

Devuelta la calma al programa, el 27 de mayo de 2009 la NASA anunciaba la selección de "Curiosity" como el nombre que serviría a partir de entonces para identificar al MSL. El público ayudó con sus votaciones y propuestas a elegir esta denominación.

## UN UTILITARIO EN MARTE

El robot Curiosity es la pieza principal de la misión, pero hay otros elementos esenciales en ella. Por ejemplo, los ingenieros han diseñado una etapa "crucero" que se ocupará de transportar a la carga útil desde la Tierra a Marte, y también un sistema muy complejo para posibilitar el aterrizaje.



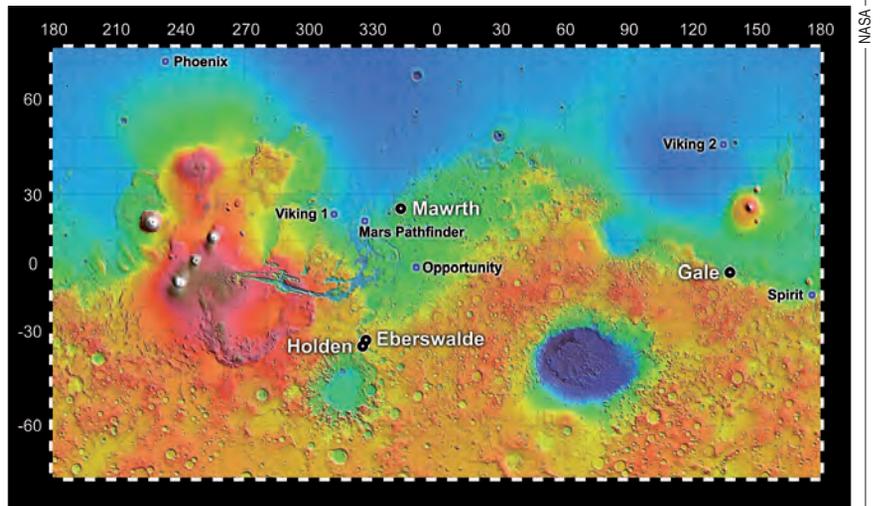
*Un prototipo en acción.*

La etapa crucero, cilíndrica, no es muy distinta de las utilizadas en las misiones Mars Pathfinder o MER y de hecho está basada en la antigua Viking. Pesa 400 kg y tiene la capacidad de comunicarse tanto con el cohete durante el lanzamiento como con el Curiosity en las cercanías de Marte. Equipada con un sistema de propulsión propio, efectuará las correcciones de ruta (entre cinco y seis) para asegurar un aterrizaje en el lugar previsto. Sus antenas y transmisores (banda X) harán además de puente entre el ordenador del Curiosity y la Tierra, que así podrá informar de su estado durante el viaje. La etapa contiene sistemas de mantenimiento de la temperatura, paneles solares para generar energía, un dispositivo para garantizar la orientación, etc. Por supuesto, se encuentran a bordo los mecanismos que separarán físicamente al robot antes de la entrada atmosférica.

El momento exacto de la llegada al planeta dependerá de varios factores, ya que se sincronizará con la disponibilidad de la MRO y con la posibilidad de una visión directa entre vehículo y Tierra. La NASA no quiere efectuar un descenso a ciegas. En caso de que algo falle y se pierda la misión, la agencia quiere saber qué ha ocurrido.

Si todo va bien, el robot penetrará en la atmósfera marciana en el interior de su cápsula protectora, dotada ésta con un escudo térmico. La velocidad de llegada será disminuida gracias a la fricción del aire con el vehículo, que se calentará grandemente. Después, se extenderá un paracaídas (Mach 2) y se liberará el escudo inferior. Debido al peso del Curiosity, se trata del mayor paracaídas planetario utilizado nunca. Tiene 50 metros de largo y 16 de diámetro.

En cuanto la velocidad se haya reducido lo suficiente, se efectuará la fase más peligrosa del descenso. El vehículo usará lo que ha sido bautizado como "grúa del cielo", que no es sino un sistema de propulsión y control en forma de puente pensado para frenar al Curiosity hasta pocos metros de altitud. En ese último momento, el robot será descolgado y estabilizado mediante un cordón de 7,5 metros, de tal manera que sea depositado en tierra de forma suave. Si el terreno es efectivamente sólido, se cortará el enlace 2 segundos después del contacto, y la "grúa" se apartará de la zona



Lugares candidatos para el aterrizaje, junto a otros puntos ya visitados.



El Curiosity, en proceso de ensamblaje.



Un cohete como éste enviará al Curiosity de camino a Marte.

para caer en otro lugar cercano. De este modo, el Curiosity se hallará desde el primer momento sobre la superficie de Marte, sin tener que bajar de ningún vehículo de aterrizaje. La NASA cree que así se ahorrarán mucho peso y complicaciones. Previamente, el Curiosity habrá hecho descender sus ruedas como lo haría un avión, desde su posición segura anterior.

El robot está basado en los MER, pero es mucho más grande y sofisticado. Pesa 900 kg, de los cuales 80 pertenecen a los instrumentos científicos. Con sus 2,7 metros de largo, tiene las dimensiones de un pequeño automóvil. El salto respecto a los Spirit y Opportunity es, pues, muy grande. Si la zona del aterrizaje no es ideal, está preparado para desplazarse con sus ruedas hasta al menos 20 km de distancia, en

busca de objetivos mejores. Sus dimensiones le permitirán además sobrepasar obstáculos de hasta 0,75 metros de altura. También será un vehículo rápido, aunque es peligroso avanzar sobre Marte sin conocer bien el terreno con antelación. Un sistema automático le permitirá recorrer unos 90 metros a la hora, si bien normalmente no superará un tercio de esa cifra.

Para mover esa masa durante tanto tiempo, y obviando depender de la energía del Sol, que no siempre resulta óptima por efectos estacionales o por la acumulación de polvo en la atmósfera o en las superficies del vehículo, no utilizará colectores fotovoltaicos. En su lugar, transportará un sistema de generadores de radioisótopos (MMRTG), que dependen del calor producido por una fuente radiactiva (plutonio) para generar electricidad constante y a todas horas.

La misión del Curiosity deberá durar al menos 1 año marciano, es decir, unos dos años terrestres. Por tanto, el sistema de producción eléctrica debe garantizar energía durante todo ese tiempo. El diseño del MMRTG, sin embargo, es capaz de eso y mucho más. Se calcula que puede generar corriente eléctrica durante al menos 14 años, abriendo interesantes perspectivas de extensión de la misión original. Durante ese periodo, el MMRTG producirá 125 vatios al principio de su periplo, y unos 100 vatios al final, cantidad más que suficiente para alimentar calentadores, instrumentos, motores, transmisores, etc.

Cuando haga mucho frío, unos calentadores mantendrán la temperatura apropiada en la electrónica de a bordo. Cuando el calor sea excesivo, el Curiosity usará un sistema de refrigeración. Todos los componentes sensibles a la temperatura estarán albergados en el cuerpo principal del vehículo, también llamado "caja de la electrónica caliente". Un dispositivo fundamental en el funcionamiento del robot es el ordenador. Es capaz de recibir la información procedente de los instrumentos y enviarla a la Tierra, vigilar la salud de sus sistemas, navegar de forma autónoma, etc. Su memoria es resistente a la radiación y a los borrados accidentales. Dispone de 256 Mb de memoria DRAM, y hasta 2 Gb de memoria Flash, es decir, 8 veces mejor que la disponible en los MER. El ordenador recibirá la información de una unidad de medida inercial para conocer en todo momento la magnitud de sus movimientos y estimar la inclinación del terreno. También vigilará parámetros como la temperatura o el funcionamiento del resto de dispositivos. Una de sus prioridades será mantener un contacto constante con la Tierra y actuar en caso de desviaciones sobre el plan. En realidad, el Curiosity llevará dos ordenadores, uno de ellos dormido y utilizable sólo en caso de que el otro tenga algún problema irresoluble. Cada ordenador utiliza el procesador RAD750, mucho más rápido que el RAD6000 de los MER.

A los lados del cuerpo del robot se hallan las patas, unidas éstas a un total de seis ruedas, que le proporcionan la movilidad deseada. Cada rueda tiene su propio motor independiente, para avanzar. Las dos frontales y las dos traseras tienen asimismo un motor adicional para girar, de tal forma que el Curiosity pueda desviarse de una ruta rectilínea, hacer giros de 360 grados, etc. Las patas sirven como suspensión, de manera que una rueda puede estar superando una pequeña roca, mientras las demás siguen en contacto con el suelo. El robot siempre mantendrá el cuerpo bien equilibrado, independientemente de la rugosidad del terreno. Así, si se encuentra un obstáculo de pronto, el vehículo no perderá dicho equilibrio. Puede superar una pendiente de 45 grados sin realizar una vuelta de campana, aunque los programas de seguridad no le dejarán afrontar cuestas de más de 30 grados. Es importante hacer notar también que las ruedas tienen un diseño apto para moverse en terrenos arenosos, y que el robot puede superar agujeros de diámetro modesto (como mucho el de una rueda). La velocidad máxima será de 4 cm/s, en un terreno óptimo.

En la parte superior y trasera del Curiosity se hallan las antenas de comunicaciones, una de baja y otra de alta ganancia. La primera puede recibir y emitir en todas direcciones, a velocidades moderadas. La segunda debe ser enfocada hacia el punto de destino, pero puede enviar una gran cantidad de datos. Un motor permite su movimiento para evitar que sea el vehículo quien se posicione. A través de estas antenas se enviarán imágenes, datos científicos, y la propia telemetría del robot, así como se recibirán las órdenes de la Tierra. Las comunicaciones podrán ser directas con nuestro planeta, o a través de uno de los orbitadores marcianos (sobre todo el MRO). El contacto con los orbitadores usará la banda UHF.

## EL LABORATORIO CIENTÍFICO

Lo más llamativo de la misión del Curiosity es su amplio repertorio de instrumentos. Entre cámaras, espectrómetros, detectores de radiación y sensores ambientales, tenemos una decena de instrumentos disponibles a bordo.



*Ensayo del paracaídas de frenado.*

En primer lugar, las cámaras, que son de varios tipos. Por ejemplo, el robot utiliza cuatro cámaras de ingeniería (Hazcams), que se hallan situadas delante y detrás, para ofrecer imágenes en blanco y negro de todo el entorno. Dichas imágenes proporcionan una visión tridimensional de los alrededores, y pueden ser interpretadas por los programas de a bordo para identificar rutas seguras. Cada cámara tiene un campo de visión de 120 grados y pueden mostrar el terreno a hasta 3 metros de distancia.

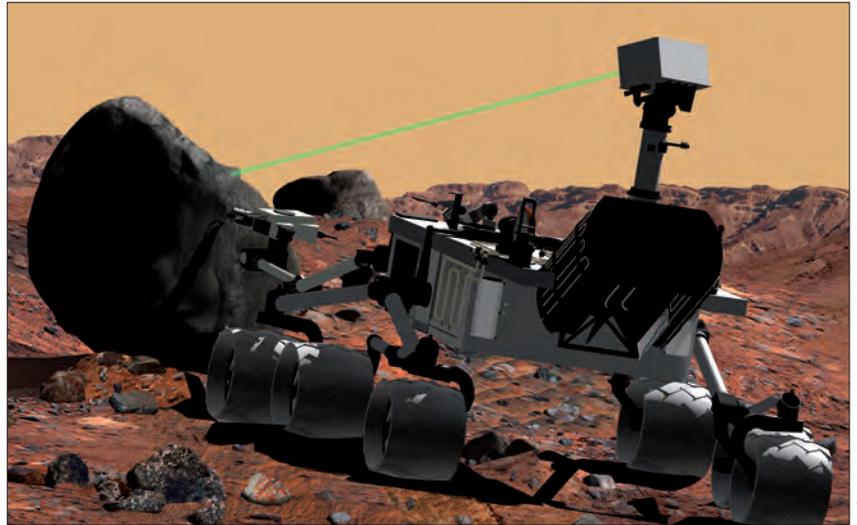
Otras dos cámaras de ingeniería (Navcams) se usarán para obtener información de navegación panorámica. Se encuentran en el mástil, una especie de columna vertical que permite ver desde una cierta altura, y obtendrán imágenes estereográficas para que los controladores terrestres tengan sensación de profundidad cuando “conduzcan” el vehículo.

El Curiosity dispone asimismo de cámaras de alta resolución para tareas científicas. En el mencionado mástil se halla la MastCam, capaz de proporcionar imágenes estereográficas e incluso video del terreno (10 cuadros por segundo). Posee lentes para hacer “zooms”. Por su parte, la ChemCam usará un láser para vaporizar superficies próximas y analizar la composición de los vapores consiguientes, gracias a un espectrógrafo.

La misión incorpora una cámara muy interesante que tuvo que cancelarse durante anteriores vuelos. Se trata de la MARDI, que servirá para obtener imágenes de la superficie durante el descenso del robot en dirección al aterrizaje. De esta forma, los científicos tendrán una vista general desde arriba del territorio que explorarán más tarde. Se tomarán 5 imágenes por segundo, así que el resultado será un video en alta resolución y en color natural.

La última cámara es la MAHLI, en esencia el equivalente a la lupa que usan algunos geólogos cuando encuentran algo interesante. La MAHLI podrá observar detalles tan finos como el diámetro de un cabello humano.

El Curiosity dispondrá de un brazo robótico plegable, que permitirá llevar los instrumentos hasta los objetivos geológicos, sin necesidad de mover todo el vehículo. La cámara MAHLI se encontrará en este brazo, de manera



La ChemCam usará un rayo láser.



El vehículo de descenso, unido al Curiosity.

que pueda ser colocada sobre la superficie de una roca o de una porción de suelo. El brazo es parecido al de una persona, con hombro, codo y muñeca, y puede posicionar su carga científica con gran precisión. Su extremo tiene una especie de mano giratoria, donde se hallan los instrumentos (el citado MAHLI y el espectrómetro APXS, además de los sistemas de captura de muestras, como una broca, etc.).

Los espectrómetros están encabezados por el mencionado APXS, desarrollado por Canadá. Lanza partículas Alfa sobre el objetivo y después analiza los rayos-X emitidos por éste, en busca de su composición química. El CheMin, por su parte, es un analizador

de fluorescencia y difracción de rayos-X, diseñado por el JPL. De nuevo, medirá la composición de los minerales y su estructura.

Para el análisis de muestras capturadas el Curiosity dispone del equipo SAM, franco-estadounidense y compuesto por un espectrómetro de masas (QMS), un cromatógrafo de gases (GC) y un espectrómetro láser (TLS). El QMS puede analizar los gases de la atmósfera o los liberados por las muestras de suelo tras ser calentadas. El GC identificará los componentes de un gas complejo. Y por último, el TLS medirá las proporciones isotópicas del oxígeno y el carbono en muestras atmosféricas de CO<sub>2</sub> y metano, para identificar

si su origen es biológico o químico.

El Curiosity medirá la radiación presente en la superficie marciana mediante el detector RAD, desarrollado por Estados Unidos y Alemania. La NASA necesita saber la magnitud de dicha radiación para evaluar la protección de los futuros astronautas que visiten el planeta.

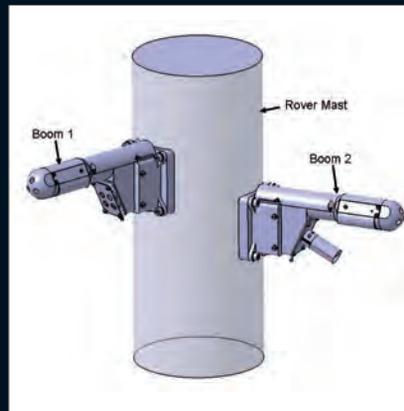
La aportación rusa es otro sensor de radiación, el DAN, que detectará el hidrógeno o el agua que pueda haber en la superficie.

Para finalizar el repertorio de instrumentos científicos, tenemos la contribución española, la estación meteorológica REMS. Tomará mediciones de presión, humedad, intensidad y dirección del viento, temperaturas en el aire y en el suelo, y niveles de radiación ultravioleta. Las lecturas se tomarán desde diversos puntos: dos captadores unidos al mástil darán las componentes vertical y horizontal del viento; un sensor dentro del cuerpo principal del robot, pero expuesto a la atmósfera y protegido por un filtro contra el polvo, medirá los cambios de presión; sensores infrarrojos en uno de los captadores medirán la radiación térmica emitida por el suelo; otro sensor en el otro captador hará un seguimiento de la humedad ambiental; y ambos captadores tendrán medidores de temperatura del aire. Sobre el robot se encontrarán los sensores de radiación ultravioleta. El conjunto está patrocinado por el Centro de Astrobiología (CSIC-INTA).

Hay otro paquete de instrumentos científicos, el MEDLI, que no estará



El módulo de descenso junto al módulo crucero.



Parte del paquete de instrumentos aportado por España.

sobre el robot, sino sobre el escudo térmico del vehículo, y que obtendrá información durante la entrada atmosférica. Los datos ayudarán a modelar mejor el comportamiento de la atmósfera, algo útil para futuras misiones.

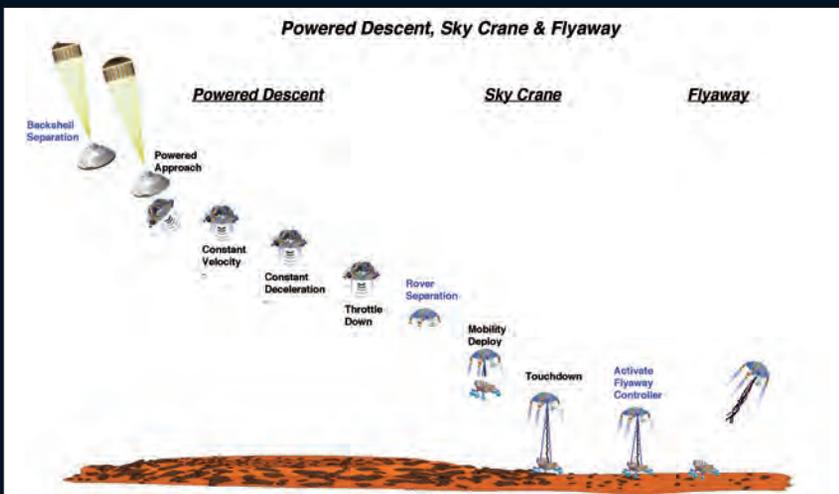
## EN DIRECCIÓN AL OBJETIVO

Con el tiempo adicional disponible para los preparativos, los ingenieros trabajan intensamente para asegurar que todo esté en orden en los diversos elementos de la misión.

La ventana de lanzamiento se extiende entre octubre y diciembre de 2011. En algún momento de ese período, un potente cohete Atlas-V 541 situará en órbita baja de aparcamiento a la sonda y su etapa superior. En el momento previsto, esta última, la Centaur, se encenderá para alcanzar la velocidad de escape, iniciando un viaje que durará aproximadamente un año. Se trata de una ruta lenta, pensada para obtener máxima flexibilidad en el instante de la llegada a Marte.

Unos 45 días antes del aterrizaje, los controladores iniciarán las actividades específicas para el descenso. Se efectuarán las correcciones de curso oportunas, se orientará bien la nave, y se ejecutarán los programas que deberán gobernar esta parte del viaje.

Si todo va bien, tras el aterrizaje, se activará la secuencia informática que dirigirá las actividades en la superficie. Destacará la programación exacta de las ventanas de comunicación con la Tierra, aprovechando todas ellas para velar por las primeras jornadas del vehículo en Marte, habitualmente las más complicadas. Una vez certificado que todos los sistemas funcionan correctamente, podrá iniciarse el período de observaciones científicas, incluyendo una fase prioritaria (que incluye tomas fotográficas del entorno, análisis del suelo, etc.). Los científicos esperan, sin embargo, que éste sea sólo el comienzo de una larga y exitosa misión primaria de 668 días marcianos (686 días terrestres), tiempo suficiente para cubrir todos los objetivos previstos, entre ellos, estudiar el clima y la geología marcianos, determinar si la vida pudo alguna vez aparecer en el Planeta Rojo, y, además, preparar el futuro envío de astronautas a su superficie.



Esquema del aterrizaje de la Curiosity



*El Curiosity viajará dentro de este módulo.*

NASA

Los resultados dependen mucho del lugar elegido para el aterrizaje, y lógicamente, de la precisión en alcanzar éste. Por eso, el Curiosity dispondrá del sistema más exacto concebido hasta la fecha para un descenso sobre Marte. Se esperan errores inferiores a 10 km, frente a los 150 posibles en misiones pre-

vias. Se ha diseñado un envoltorio protector del robot que, durante la entrada atmosférica, podrá determinar su ruta automáticamente y ajustarla conforme a las lecturas obtenidas, gracias a la capacidad de sustentación del vehículo en esta fase.

La misión, claro está, tiene riesgos importantes, ya que el sistema de grúa

para el aterrizaje no se ha probado nunca en vuelo. No obstante, los ingenieros están confiados en que funcionará bien y que el método abrirá nuevas puertas para la exploración marciana. Si tienen o no razón, lo sabremos en 2012 ■

Más información en:  
<http://marsprogram.jpl.nasa.gov/msl/>