



Deep Space 1: Más ciencia que ficción

DAVID CORRAL HERNANDEZ

En tiempos fue Julio Verne referencia inevitable a la hora de ver materializados avances insospechados y superadas barreras que parecían inabordables escasas décadas antes, gracias al progreso científico de la especie humana. Hoy, sin embargo, el visionario francés cede su sitio a mitos más modernos, cual puede ser una serie de televisión de trama futurista, para comparar la realidad alcanzada por unos hombres con la ficción siempre imaginada por otros.

Ocurre así que, puestos a explicar al común de los mortales y a las puertas del siglo XXI, lo pensado por NASA en cooperación con JPL, - que pilotaba a más de 50 instituciones científicas, centros de investigación y universidades en el proyecto-, y enviado al espacio el 24 de octubre como "Deep Space 1", no encontramos forma mejor para situar a su revolucionario propulsor que decir "es como el que ya utilizaban las naves de "Star Trek". Pues eso, pero mucho más es este primer hito en el programa de NASA "New Millennium".

UN PROGRAMA PARA REVOLUCIONAR LA INVESTIGACION ESPACIAL

"Deep Space 1" es una de las primeras sondas dirigidas al espacio lejano en que predominan los objetivos tecnológicos sobre los científicos, aunque también lleva dos instrumentos para ciencia. El objetivo principal es identificar y desarrollar nuevas tecnologías e instrumentos que pueden revolucionar la exploración espacial, trabajando específicamente en autonomía, telecomunicaciones, microelectrónica, instrumental a bordo, tecnologías de instrumentos y sistemas modulares.

Es el primer lanzamiento del programa "Nuevo Milenio" de NASA, cuyo objetivo es probar y validar nuevas tecnologías a través de varias misiones en órbita terrestre y en el espacio lejano. El doctor Wesley Huntress, responsable de la agencia para este tipo de misiones, ha manifestado "el programa Nuevo Milenio está dedicado a

comprobar nuevas tecnologías antes de aplicarlas con mayor seguridad en las futuras misiones científicas a comienzos del próximo siglo, más rápidas, mejores y económicas".

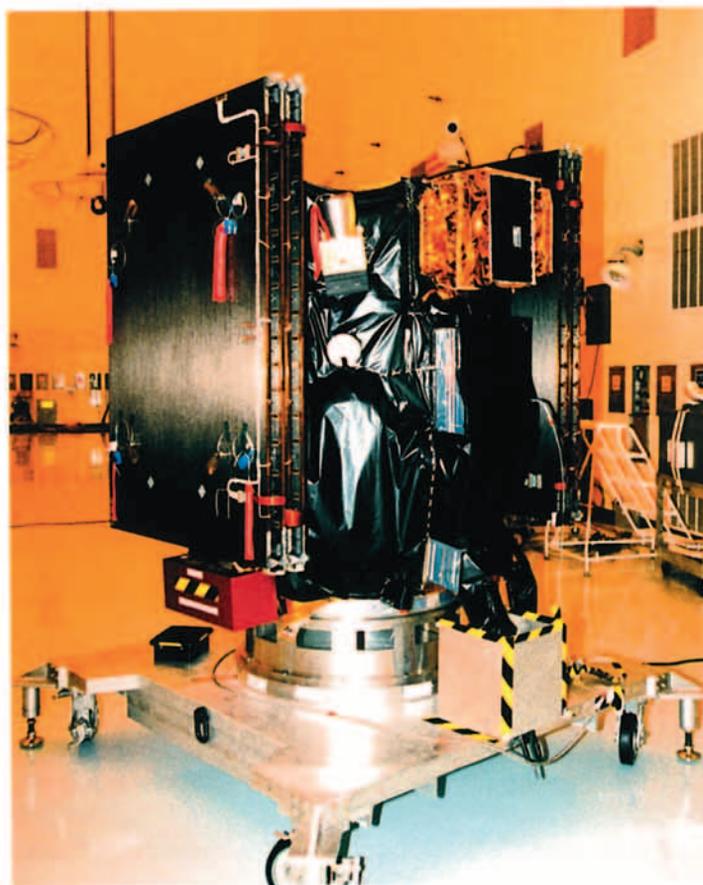
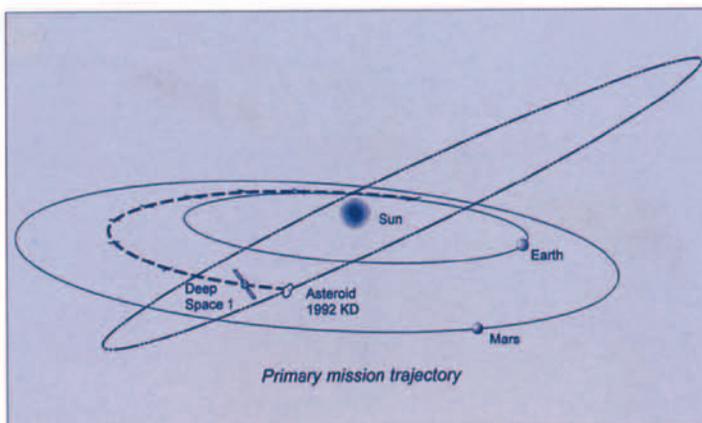
este proyecto ha costado 152,3 millones de dólares-, la parte más importante se lleva a cabo durante los seis primeros meses de vuelo, período en el que se habrán probado la mayoría de los innovadores sistemas a bordo.

El sistema tiene una masa de 490 kilogramos, de los cuales 377 corresponden a la estructura, sistemas e instrumentos y 113 al combustible, - 31 kilogramos de hidrazina y 82 de xenón-, disponiendo de una potencia máxima de 2.400 vatios suministrados por los dos paneles solares.

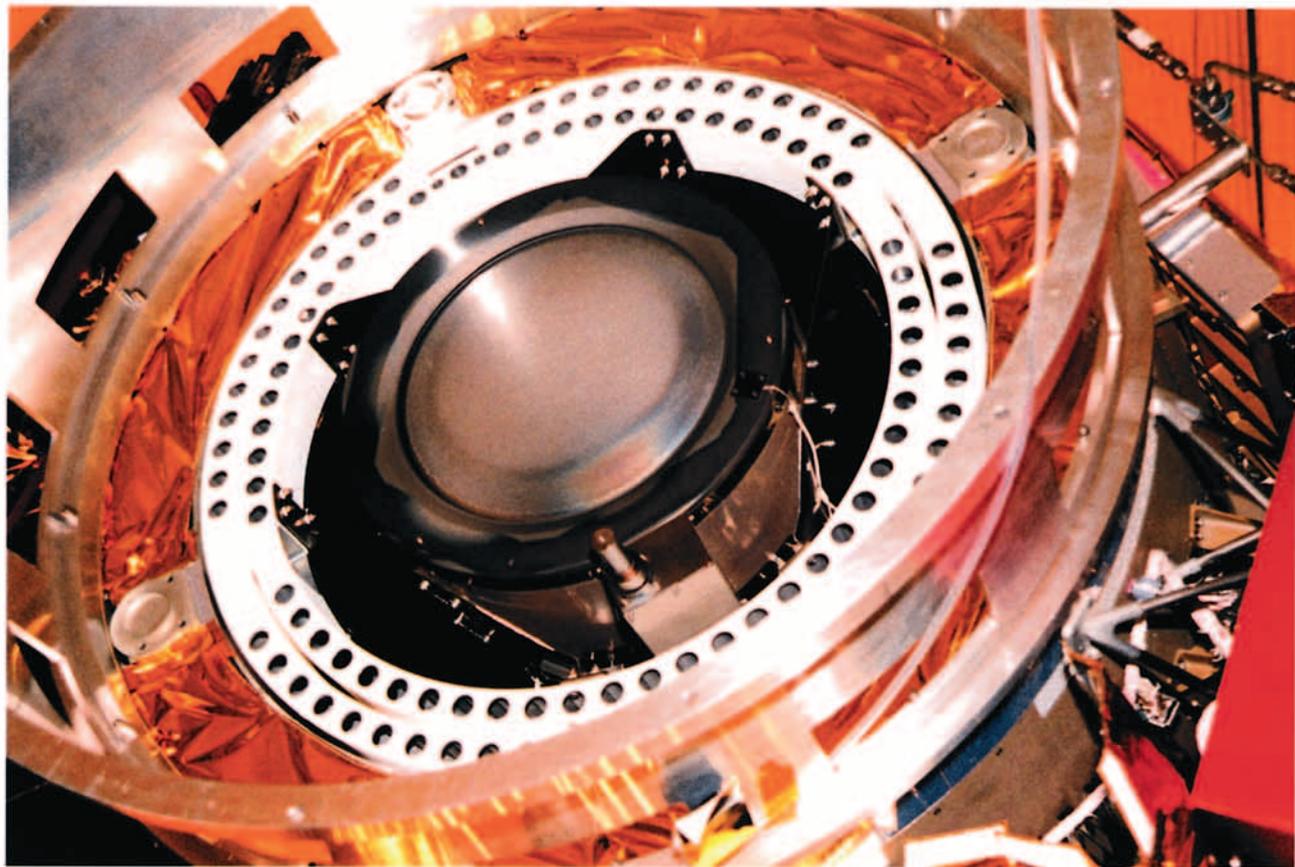
Uno de los detalles de interés en su diseño "rápido, barato..., pero asumiendo riesgos" dado su carácter experimental, es que, a diferencia de los programas operativos, no se han instalado apenas sistemas redundantes, salvo para algunas tareas funcionales. La estructura es de aluminio y la mayoría de los componentes van instalados en el exterior, disponiendo para su control de actitud de un sensor estelar, otro solar y un giróscopo.

INNOVACIONES A PRUEBA

La misión pretende validar 12 tecnologías innovadoras, diseñadas para desarrollar naves más pequeñas, económicas y dotadas de mayor autonomía, de forma que dependan en menor medida del control desde tierra. En concreto, la sonda requerirá una intervención muy esporádica de los controladores durante gran parte de su misión, solo una vez por semana se controlará su telemetría y se enviarán instrucciones desde las estaciones, - Madrid es una de ellas-, de la Red del Espacio Lejano, que aprovechará para



Tras confirmar la posibilidad de llevar a cabo misiones que se han concebido con escasa antelación -en este caso 39 meses desde que se imaginó hasta que se ha lanzado-, y reduciendo el presupuesto a la mitad de lo habitual -



experimentar las posibilidades y equipos de comunicación en banda Ka, que potenciarán las comunicaciones en misiones futuras.

El sistema iónico de propulsión se alimenta con gas xenón, tecnología que no es nueva pues ya ha sido empleada en laboratorios y como sistema auxiliar en satélites en órbita terrestre -el primero comercial fue instalado por Hughes en 1997 en el satélite PanAmSat 5, actuando para mantener su posición en órbita y orientación-, aunque sí es novedad el hecho de convertirse en la principal fuente de propulsión de una nave en viaje hacia el espacio lejano.

El pequeño motor, -sólo 30 centímetros de diámetro-, que emite un fantasmal chorro azul -sorprendente brillo formado por los átomos de xenón eyectados del motor-, es increíblemente potente, comparativamente más que cualquier otro motor jamás enviado al espacio. A pesar de

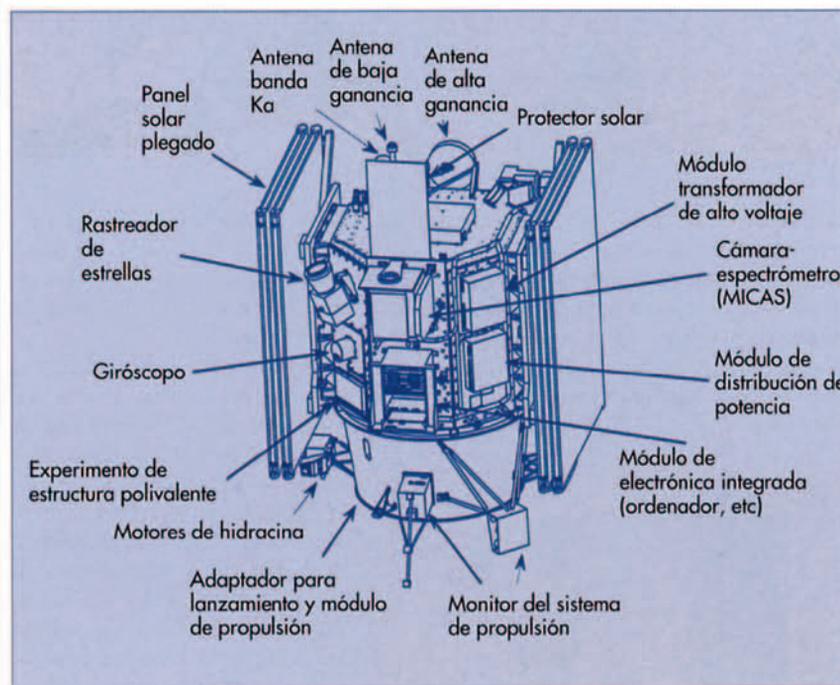
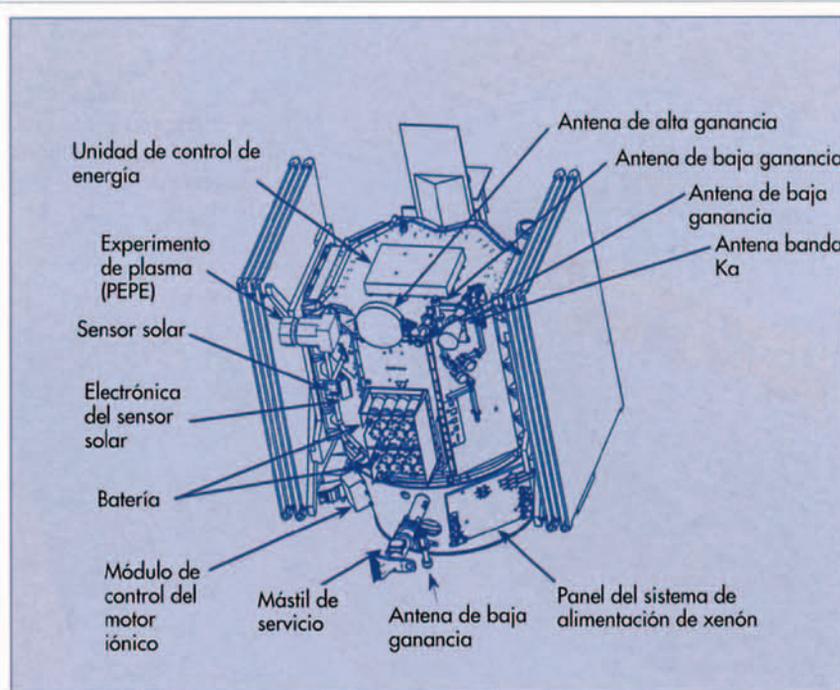
que su aceleración es lenta, a la larga llega a proporcionar un empuje diez veces superior al de los propulsores tradicionales y, a máxima potencia, el motor consume 2.500 vatios suministrando una potencia de 90 milinewtons. Aunque el empuje es insuficiente para las primeras fases de lanzamiento

desde la superficie terrestre, la propulsión iónica puede ser un sistema ideal para trayectos de crucero de sondas interplanetarias en viajes de meses o años de duración.

Cuando el motor está funcionando, se lanzan electrones desde un cátodo a una cámara rodeada de magnetos, un

sistema muy similar al del tubo catódico de cualquier televisión o pantalla de ordenador. Los electrones golpean a los átomos de xenón, desprendiendo uno de los 54 electrones que orbitan el núcleo molecular del gas. Esta pérdida provoca una carga positiva que convierte al átomo en un ion. En la zona posterior de la cámara se encuentran dos rejillas de metal cargadas con un diferencial de más de 1.280 voltios, una en positivo y otra en negativo. La fuerza de esta carga eléctrica ejerce una potentísima atracción electrostática en los iones de xenón, similar al efecto que se produce en los trozos de papel al acercarlos un bo-





lígrafo cargado de electricidad estática. La fuerza electrostática en la cámara provoca que los iones de xenón salgan impulsados de forma constante hacia el exterior a una velocidad de 100.000 kilómetros por hora. Un electrodo situado al extremo del motor empujando electrones evita que el gas expulsado retorne, devolviéndole su natural carga eléctrica neutra.

Para controlar la velocidad y aceleración de la sonda, la Red del Espacio Lejano de NASA medirá el cambio doppler de su señal de radio, de forma similar a como oye una persona el pitido de un tren según se acerca, sobrepasa y se aleja. Para ello, los receptores de esta red en Tierra medirán, con gran afinación, variaciones en la velocidad del nivel de una diezmilésima de me-

tro por segundo, lo que permitirá validar las pruebas efectuadas en laboratorio y observar la evolución del funcionamiento del motor en condiciones reales.

Respecto a los dos paneles solares, necesarios para suministrar energía al motor iónico, -proporcionarán un máximo de 2.400 vatios a 100 voltios-, su principal novedad son las 720 lentes cilíndricas de silicón que concentran la radiación solar, suministrando entre un 15 y un 20 por ciento más de energía que sus equivalentes actuales.

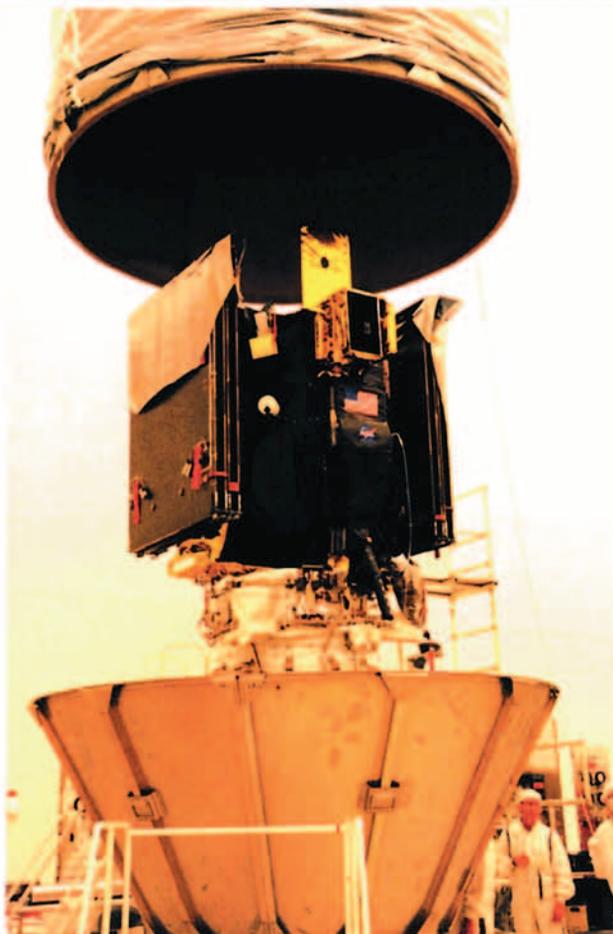
La navegación autónoma (AutoNav) mejora notablemente los sistemas habituales de navegación de las sondas espaciales, ya que asigna a la propia nave muchas tareas antes desarrolladas por los controladores desde tierra, quienes siguen las señales de radio para determinar la posición y ordenar la captura de imágenes de cuerpos celestes para controlar el lugar en que se encuentra, ordenando mayor o menor actividad a los propulsores de la sonda correspondiente para mantenerse en la dirección prefijada. Sin embargo, este innovador vehículo llevará a cabo su navegación de forma muy distinta.

Localizará su posición tomando imágenes de asteroides conocidos y comparando su posición con las estrellas de fondo a partir de la base de datos que lleva con la órbita de 250 asteroides y la posición de 250.000 estrellas. Sobre ella irá determinando constantemente su posición y trayectoria. AutoNav sabe cuánta potencia suministran los paneles solares y la que está consumiendo toda la sonda, a partir de lo cual gestiona cualquier variación en la impulsión, dando lugar a una modificación de la potencia del motor iónico o al encendido de los propulsores de hidracina.

Estas tecnologías clave dan a la sonda más autonomía en su navegación y en la toma de decisiones. La navegación autónoma, combinada con la propulsión iónica ha sido comparada por el jefe de misión, doctor Marc Rayman, a "dejar a tu coche que busque por sí mismo el camino entre Los Angeles y Washington DC. se aparque el solo a un pie de su destino y haga todo esto con un consumo de un litro de combustible cada 147 kilómetros".

El sistema autónomo de control (Remote Agent), que ha sido comparado al "HAL 9000" que en la ficción movía la nave de "2001: Una odisea espacial", es un conjunto de programas informáticos a bordo conectado con los diversos subsistemas de la sonda y capacitado para tomar múltiples decisiones sin necesidad de recibir constantemente instrucciones concretas desde tierra. Es muy flexible para afrontar situaciones inesperadas y, gracias a que gestiona muchísima más información del estado real de la nave en cualquier momento de la que se puede conocer desde tierra, puede hacer mejor uso de todos los recursos a bordo. Este sistema no actuará durante toda la misión, sino en momentos determinados que se definen desde el control para operar con el motor y otros sistemas seleccionados.

El faro de control de operaciones envía tonos a tierra para informar a los controladores sobre el estado de la sonda, simplificando este control sobre procedimientos anteriores. Puede navegar durante semanas o meses sin enviar telemetría, su información puede ser recibida con antenas de 3 a 10 metros, en lugar de las convencionales de 70, y sus códigos son tan transparentes que requieren muy poco tiempo del operador, el cual puede liberarse enseñada para seguir otras misiones en ór-



bita. Con él se compendia toda la información a bordo, enviando a Tierra uno de los cuatro tonos especificados: el denominado "verde" significa que todo está en orden en la sonda; el "naranja" que se ha resuelto una anomalía que se presentó y las condiciones son aceptables; el "amarillo" avisa de que la sonda desea enviar datos y pedir ayuda sobre un problema que puede

empeorar y poner en riesgo la misión; el "rojo" significa que hay una anomalía crítica que no se puede resolver de forma autónoma y requiere ayuda urgente desde tierra.

Los dos experimentos científicos también son innovadores. Uno de ellos será la minicámara y espectrómetro de imagen integrados (MICAS) para capturar imágenes destinadas al subsistema autónomo de navegación y para el envío de otras en infrarrojo, ultravioleta y luz visible del asteroide 1992 KD a finales de julio.

El experimento de plasma para exploración planetaria (PEPE) incluye diversas investigaciones sobre el asteroide y de partículas cargadas en el plasma espacial, incluyendo los efectos que puedan producir el motor de propulsión iónica o su surtidor en ese medio interestelar, en el viento solar y en la superficie e instrumentos científicos de la sonda.

El pequeño transpondedor para espacio lejano recibe y transmite en banda X y emite en banda Ka, mientras el amplificador de potencia de estado sólido para banda Ka permitirá analizar el uso de esta frecuencia, captable con antenas más pequeñas y con menor potencia, aunque más vulnerable a la meteorología que la banda X.

La electrónica de baja potencia a bordo incluye experimentos sobre tec-

EL PROGRAMA NUEVO MILENIO

Precursor de los proyectos de exploración espacial en el próximo milenio, el programa, diseñado en 1994, trata de identificar y probar tecnologías avanzadas para equipar a las futuras sondas, tales como propulsión iónica o inteligencia artificial. Llevará a cabo sus objetivos mediante sucesivas misiones al espacio profundo o en órbita terrestre, que validarán o comprobarán los problemas que presenten estos conceptos innovadores.

Son, por tanto, misiones fundamentalmente tecnológicas, aunque, secundariamente, puedan cubrir objetivos científicos, previendo siempre que los desarrollos pueden tener posteriores aplicaciones en otros sectores de actividad.

Tras "Deep Space 1", el programa incluye:

"Deep Space 2", dos pequeñas sondas lanzadas el 3 de enero a bordo de "Mars Polar Lander", que se soltarán de este vehículo poco antes de su llegada a la superficie marciana para clavarse un metro en ella, monitorizando su temperatura y analizando su composición.

"Orbitador terrestre 1", a lanzar en mayo de este año con un avanzado instrumento científico ligero que producirá imágenes en visible e infrarrojo de la superficie terrestre con muy afinada resolución espectral.

"Orbitador terrestre 2", debe demostrar si es útil un sensor espacial para realizar mediciones afinadas del movimiento del viento en franjas desde el suelo a 16 kilómetros de altura de la superficie terrestre.

nologías para bajo voltaje, software de baja actividad, arquitectura de baja energía y gestión de micropotencia.

La estructura multifuncional es una nueva tecnología que suma funciones térmicas y electrónicas mediante paneles de materiales compuestos que integran conectores y disipadores térmicos y cuyo exterior actúa como un radiador.

El módulo de activación e intercambio de potencia es un conjunto de ocho interruptores que controlan el voltaje de cuatro circuitos actuando como limitadores.

VIAJE A 1992 KD Y DES- PUÉS

El asteroide ha sido seleccionado porque ofrece más de cien posibilidades de sobrevuelo. Su órbita elíptica llega a alejarle del Sol tres veces más de la distancia a que se encuentra la Tierra de la estrella. Con un diámetro estimado entre 3 y 5 kilómetros, se espera obtener abundante información de su forma, tamaño, composición de la superficie, mineralogía, terreno y velocidad

de rotación. En los treinta días previos a la aproximación, con intensidad creciente según se acerque, el sistema autónomo de navegación captará imágenes y guiará la trayectoria y las maniobras de corrección.

Durante el encuentro, el nuevo software autónomo intentará aproximar a "Deep Space 1", entonces con una velocidad de 54.000 kilómetros por hora, a solo cinco kilómetros del asteroide, el sobrevuelo más próximo jamás llevado a cabo en un cuerpo de nuestro sistema solar. En este momento, MICAS captará alternativamente imágenes para el sistema autónomo de nave-

gación y otras junto a datos espectrales para autovalidación y con fines científicos, con una resolución entre 30 y 50 metros por pixel. Hacia el 18 de septiembre, y después de haber necesitado diez días para hacer llegar a la Tierra toda la información recogida, habrá finalizado la misión principal de "Deep Space 1", abriéndose la posibilidad, si el estado de la sonda lo permite, de iniciar una misión secundaria, consistente en sobrevolar con fines científicos dos objetos celestes en los dos años siguientes. El primero, en enero de 2001, es "Wilson-Harrington", un cuerpo que se cree pueda ser un come-

en modo seguro y la situó apuntando al Sol sus sensores y el sistema de guía por relación a las estrellas. La Telemetría indicó que las rutinas preprogramadas se ejecutaron según lo planeado, y que la nave mantenía su buen estado de salud. Minutos después el rastreador estelar volvió a funcionar. Los ingenieros no supieron si el problema fue causado por el hardware del rastreador de estrellas o por el software que comunica a la nave con este sistema.

El 10 de noviembre se desconectó el motor. Según explicaron los responsables del programa "es normal que los motores de este tipo se desconecten au-

tomáticamente las primeras veces que funcionan, es como un coche nuevo. Lo extraño sería que funcionase correctamente, eso nos preocuparía porque significaría que nuestros criterios de resistencia han sido muy bajos y el fin de esta misión es probar nuevos recursos científicos y técnicos, no sólo comprobar que funcionan, cosa que ya sabíamos".

Los ingenieros creen que el problema con el motor se debió, probablemente, a que se autodesconectó



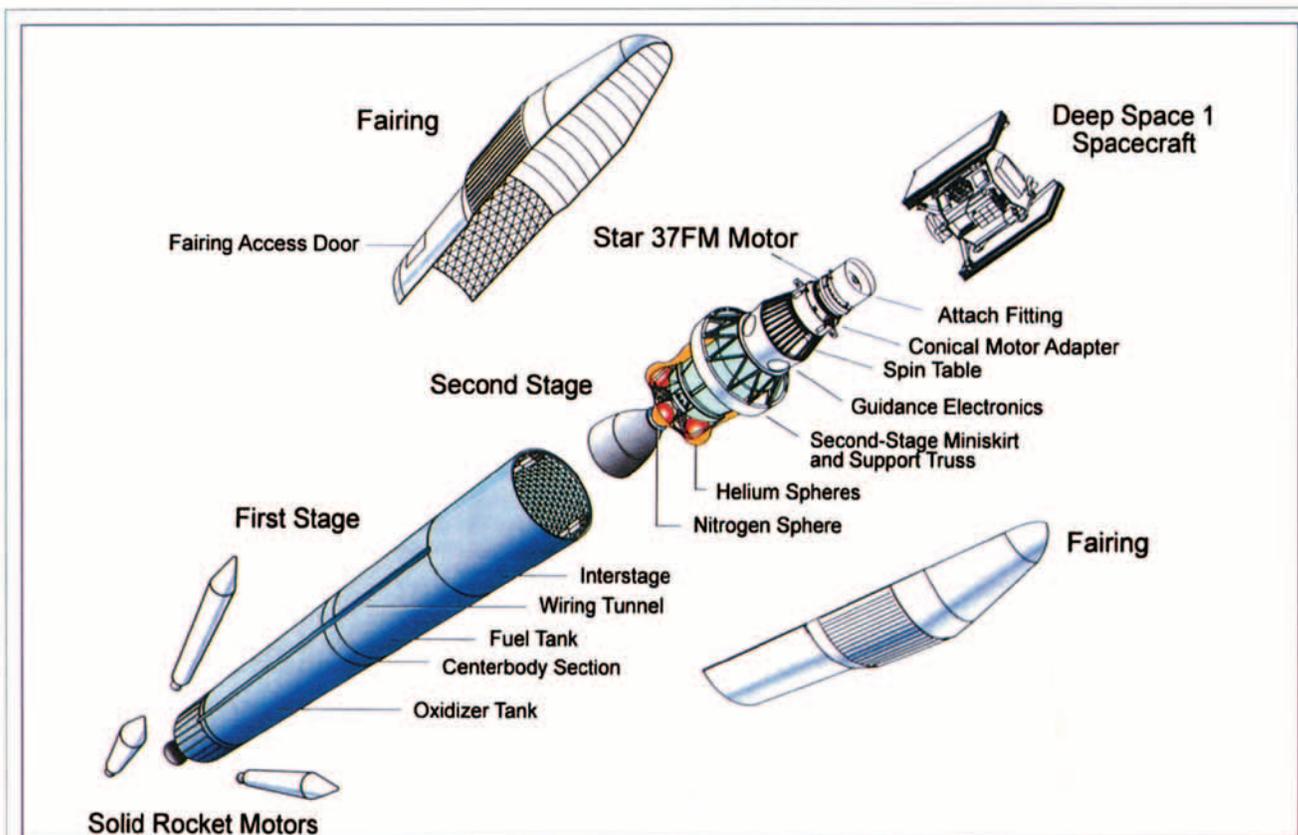
ta durmiente o un objeto en transición de cometa a asteroide, dado que desde 1949 no se ha detectado que desprenda gas y que tenga cola. El segundo contacto, en septiembre de 2001, sería con el cometa "Borely", y en él se someterían a un esfuerzo extremo todos los sistemas a bordo para comprobar su límite de resistencia.

PRIMERAS SEMANAS EN EL ESPACIO

El primer fallo se detectó en el rastreador de estrellas. El software de protección de la sonda respondió poniéndola

por la presencia de alguna impureza o algún tipo de contaminación entre las dos rejillas de alto voltaje, lo que provocó el paso automático de la nave a modo seguro para evitar desperfectos en el motor. La sonda tiene un procedimiento para quemar las impurezas entre las rejillas. Una vez realizado volvió a su misión normal.

En el primer encendido del motor iónico, la sonda tenía una potencia de 500 vatios, pasó a 885 y acabó con 1.300. En todos los niveles ha demostrado que funciona bien; a partir de 90 sobre el 111 máximo- faltaba energía y potencia, con un consumo de 2.400



watios, aunque en la misión principal no se prevé llevar la sonda al máximo de potencia y velocidad teóricas.

“Deep Space 1” ha sido la primera sonda espacial que ha mantenido su motor funcionando ininterrumpidamente durante casi doce horas, mucho más que cualquier otra utilizando sistemas de propulsión convencionales, como el combustible sólido o la propulsión nuclear.

Entre finales de diciembre y los primeros días de enero se probaron el sistema de navegación, -que ha funcionado de manera impecable en su interacción con el motor, la cámara y los sistemas de control-, el analizador de plasma y el emisor en banda Ka.

El 21 de diciembre se suspendió la impulsión para que AutoNav ordenase a la sonda apuntar su cámara hacia asteroides y estrellas prefijadas, con el objetivo de que los diseñadores del sistema mejoren los procedimientos informáticos a bordo, dado que sólo

contaban con las previsiones elaboradas en tierra sobre su funcionamiento. Esta operación se repitió el 7 de enero.

El 5 de enero, AutoNav desconectó el motor, dando por finalizado el primer tramo de experiencias con el propulsor. En este período, el sistema ióni-

co ha funcionado 850 horas en 59 ciclos, producidos por breves paradas automáticas, o desconexiones, del sistema, especialmente para protegerse de daños por presencia de partículas en el ambiente. Comparativamente, en tierra el motor se paró 240 veces en las mismas horas de actividad, lo que demuestra que funciona mejor en el medio interestelar que en una cámara de vacío. Su procesador de potencia y los sistemas de almacenamiento y suministro de xenón han funcionado según lo previsto.

El 6 de enero se probaron un nuevo software y el colector de plasma PEPE, puesto al máximo el día 8 para capturar partículas de viento solar.

Hasta el cierre de este artículo el último dato destacable se produjo el 10 de enero, cuando se comprobó, en comunicación con la estación de la Red del Espacio Lejano de Goldstone, el emisor en banda Ka, frecuencia cuatro veces más alta que las habituales en comunicaciones espaciales. ■

12 TECNOLOGÍAS A PRUEBA

Las tecnologías y experimentos a bordo de la sonda son:

AVANZADAS:

- sistema iónico de propulsión
- paneles solares con lentes concentradoras

AUTONOMÍA:

- sistema autónomo de navegación
- sistema autónomo de control
- faro de control de operaciones

INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS:

- minicámara y espectrómetro de imagen integrados (MICAS)
- experimento de plasma para exploración planetaria (PEPE)

TELECOMUNICACIONES:

- pequeño transpondedor para espacio lejano
- amplificador de potencia de estado sólido para banda Ka

MICROELECTRÓNICA:

- electrónica de baja potencia
- estructura multifuncional con nueva tecnología de