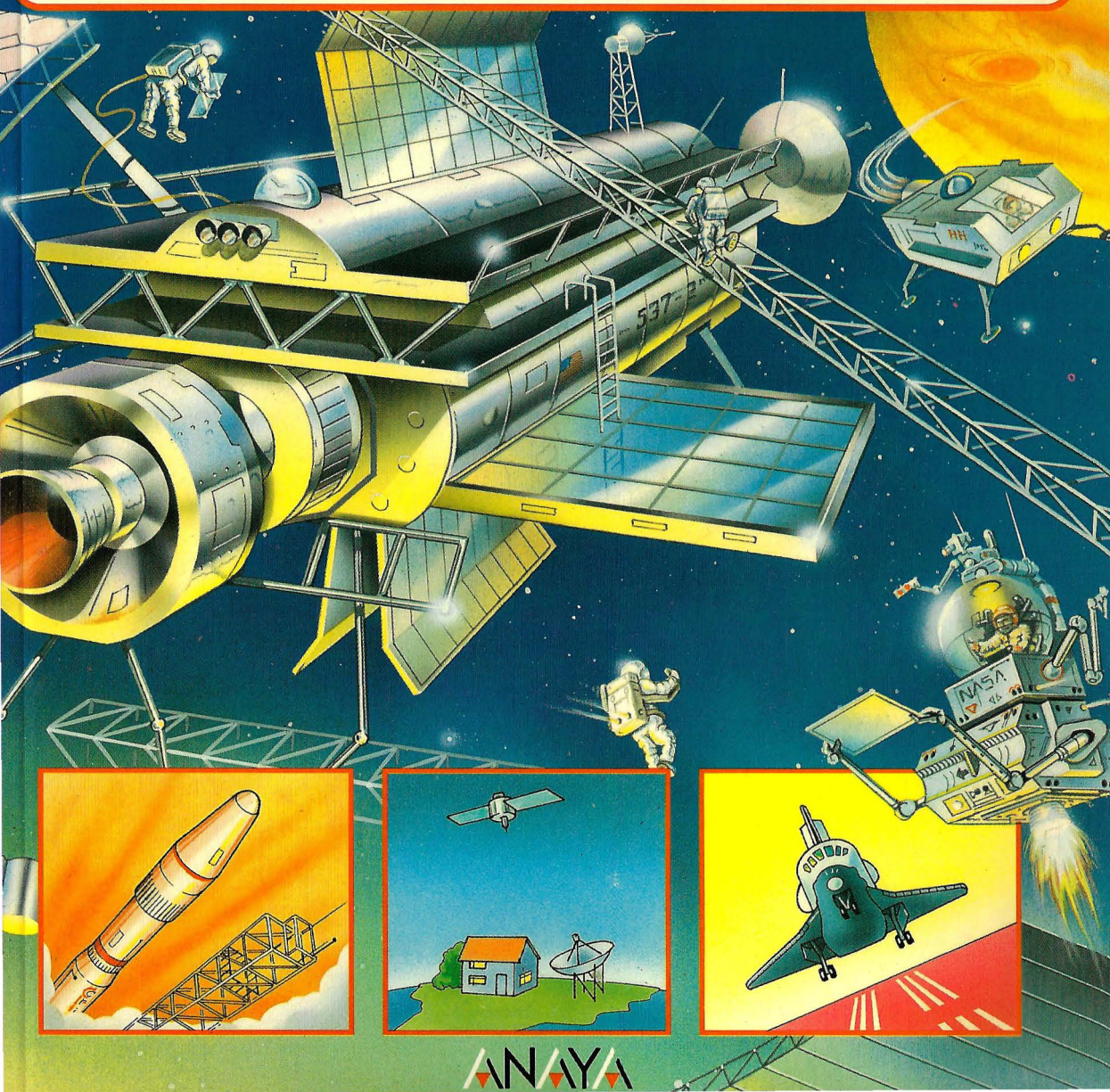


NUEVA TECNOLOGÍA

SATELITES **Y ESTACIONES ESPACIALES**

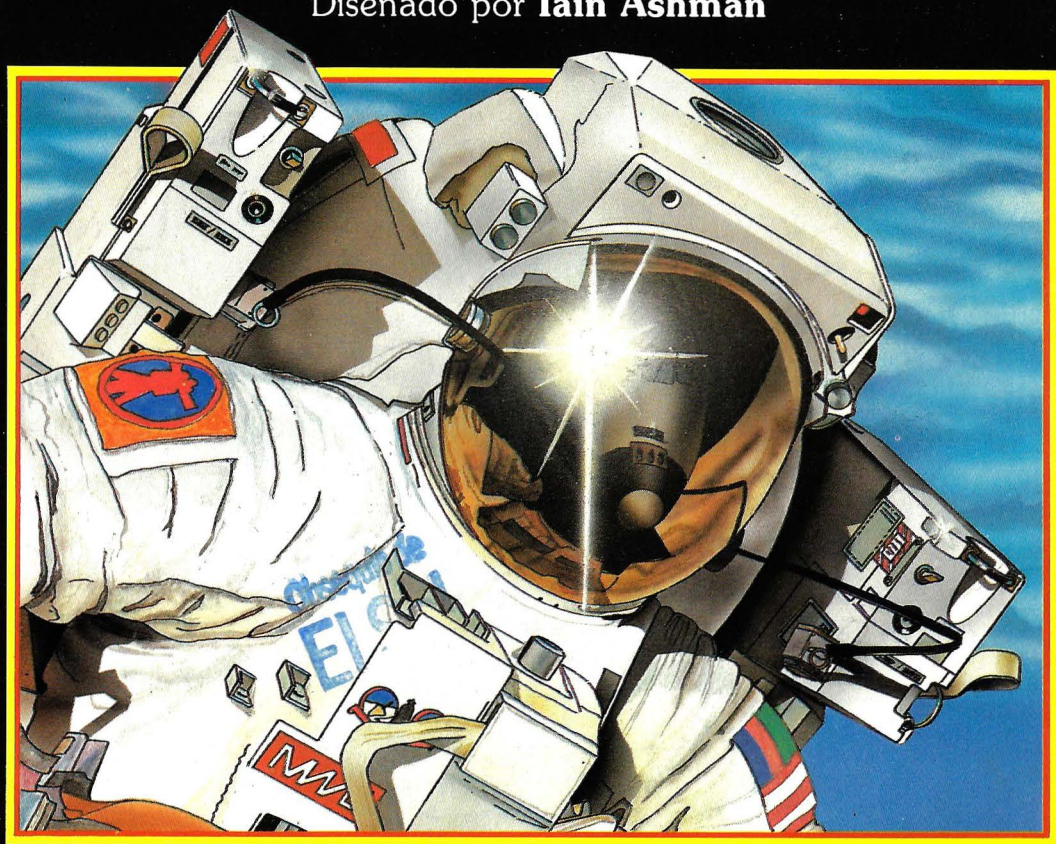
Para qué sirven y cómo funcionan



SATÉLITES Y ESTACIONES ESPACIALES

Moira Butterfield

Diseñado por **Iain Ashman**



Director consultivo: **Sue Becklake**

Director: **Tony Potter**

Programa Orbita: **Chris Oxlade**

Consultores: **Geoffrey Pardoe, Robin Kerrod, John Hawkins.**

Ilustrado por: **Peter Bull, Chris Lyon, Guy Smith, Richard Draper, Stuart Trotter, Roger Stewart, Martin Newton, Jeremy Gower.**

Otros dibujos: **Winsome Malcolm, Barbara Wightman.**

ANAYA

Contenidos

- 3 Sobre satélites y estaciones espaciales**
- 4 Así funcionan los satélites**
- 6 Las naves espaciales y la gravedad**
- 8 Para salir de la Tierra**
- 10 Órbitas en torno a la Tierra**
- 12 Así funciona una estación espacial**
- 14 La vida en el espacio**
- 16 Salyut y Skylab**
- 18 Construir y reparar en el espacio**
- 20 Experimentos en estaciones espaciales**
- 22 Futuras estaciones espaciales**
- 24 La vuelta a la Tierra**
- 26 El contacto con tierra**
- 28 Los satélites de comunicaciones**
- 30 Imágenes de la Tierra**
- 32 Más sobre las imágenes de la Tierra**
- 34 Satélites científicos**
- 36 Satélites de navegación**
- 37 Satélites militares**
- 38 Alimentación de los satélites**
- 40 Construcción de satélites**
- 41 Orientación de los satélites**
- 42 Planes par el futuro**
- 44 Programa de órbitas de satélites**
- 46 Observación de los satélites**
- 47 Misiones espaciales**
Glosario de satélites
- 48 Índice alfabético**

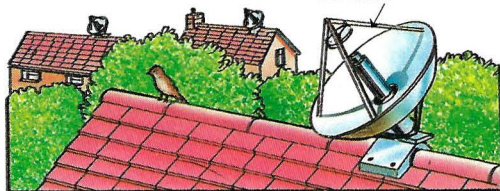
Sobre satélites y estaciones espaciales

Un moderno
satélite
de comunicaciones



y otras clases de información. No ha de pasar mucho tiempo antes de que las señales emitidas por esos satélites puedan recibirse directamente en casa con una pequeña antena parabólica.

Antena



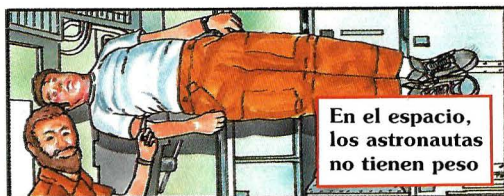
Se explica en este libro qué son los satélites y las estaciones espaciales, lo que hacen y cómo funcionan. Un satélite es un objeto que se desplaza por el espacio dando vueltas (orbitando) en torno a otro mayor, como un planeta, por ejemplo. La Luna es un satélite natural, pero aquí estudiaremos los artificiales.

El primer satélite artificial, llamado Sputnik 1, lo lanzó la Unión Soviética en 1957. Era una esfera del tamaño de un balón de playa grande, y funcionó durante 23 días. Los satélites actuales son mucho más complicados; alcanzan el tamaño de una casa de dos pisos, y llegan a funcionar hasta durante diez años seguidos. En estos momentos hay en órbita más de cinco mil.

Las estaciones espaciales son también satélites, porque giran en torno a la Tierra, pero están tripuladas y tienen elementos

Satélites y estaciones llevan también instrumentos para observar regiones especiales de la Tierra y del espacio. La altura les da una buena visión de las zonas menos accesibles de nuestro planeta, y la ausencia de atmósfera les facilita la observación del cosmos.

La tecnología de los satélites se encuentra en una fase de desarrollo muy rápido. Verás en este libro algunos de los proyectos más sugestivos para el futuro, con redes de satélites que cubrirán toda la Tierra y estaciones espaciales permanentemente habitadas.



peculiares, como zonas para vivir y laboratorios científicos. En las estaciones espaciales, los astronautas realizan experimentos, toman fotografías de la Tierra y del espacio exterior y, en ocasiones, lanzan o reparan satélites. Este libro te enseñará qué clase de trabajo se desarrolla en las estaciones espaciales y cómo viven sus tripulantes.

Los satélites no tripulados desempeñan funciones vitales. Los más útiles son los de comunicaciones, que enlazan líneas telefónicas y difunden programas televisados



Al final hay un programa de ordenador que te servirá para poner en órbita satélites imaginarios. Funciona en los siguientes ordenadores: Commodore 64, MSX, BBC, VIC-20, Spectrum, Apple, Electron y TRS-80.

Así funcionan los satélites

La apariencia de los satélites es tan variada como las funciones que desempeñan. No obstante, todos disponen de una serie de componentes básicos de los que dependen el suministro de energía, el control y la protección, entre otras cosas. Así, todos disponen de una antena llamada de mando por medio de la que intercambian con la Tierra señales relativas a su funcionamiento y a su situación en el espacio. Junto a los componentes comunes, cada satélite lleva los necesarios para desempeñar el trabajo que le ha sido encomendado; los de comunicaciones, por ejemplo, disponen de varias antenas especiales por las que reciben

y desde las que emiten señales de televisión y teléfono.

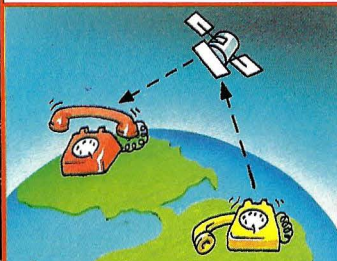
Comstar 1

El dibujo en sección de la página de al lado representa el satélite de comunicaciones Comstar 1. Los recuadros amarillos describen los dispositivos que tiene en común con otros satélites. Mide 5,2 m de altura y 2,3 m de diámetro, y pesa más o menos lo mismo que dieciocho adultos de talla media. En las páginas indicadas en los recuadros encontrarás más información sobre cada uno de los componentes.

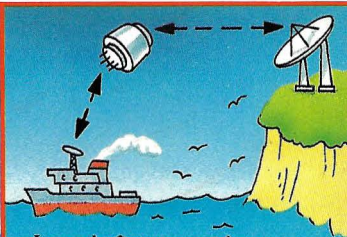
Lo que hacen los satélites

Estos seis recuadros ilustran algunas de las cosas que hacen los satélites en la

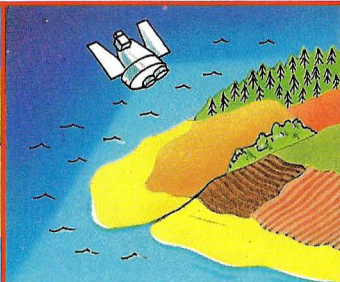
actualidad. En las próximas páginas encontrarás detalles sobre todo ello.



Los satélites de comunicaciones reciben señales —llamadas telefónicas, por ejemplo— procedentes de un punto de la Tierra y las envían a otros.



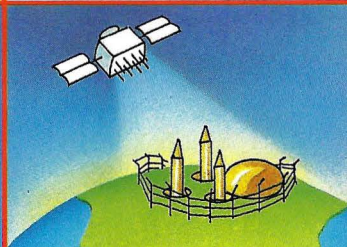
Los de navegación emiten señales de las que se sirven los marineros para determinar su posición. También sirven de enlace entre los barcos y las estaciones costeras.



Los de recursos miden la radiación emitida desde distintas regiones, y la transforman en imágenes que analizan los científicos.



Los meteorológicos miden la temperatura, las corrientes de aire, la nubosidad y otros datos para la elaboración de mapas y predicciones del tiempo.



Los satélites militares espían a otros ejércitos y sirven de medio de comunicación entre unidades. Algunos pueden destruir satélites enemigos.



Los satélites científicos detectan y miden fuentes de radiación procedentes del cosmos y ayudan a los científicos a descubrir nuevos objetos celestes.

Componentes del Comstar

Antenas de comunicaciones.
Sólo son necesarias en los satélites que sirven de enlace entre estaciones terrestres

Consulta las
págs. 26 y 28

Los receptores y transmisores de radio elaboran las señales captadas por la antena de comunicaciones antes de enviarlas de nuevo a la Tierra.

Consulta la
página 26

Esta lámina de células solares transforma la energía solar en electricidad. Algunos satélites despliegan unas aletas muy grandes con paneles solares.

Consulta la
página 38

El cuerpo principal del Comstar gira para estabilizar la órbita (no todos los satélites giran). La parte superior, en la que van montadas las antenas orientadas hacia la Tierra, no gira.

Consulta la
página 41

Antena de mando
Consulta las
págs. 26 y 41

Motor cohete principal que lleva al satélite hasta la órbita correcta.

Consulta la
página 10

Baterías para almacenar energía eléctrica
Consulta la pág. 38

Láminas protectoras de oro. P. 40

Cojinete que permite el giro de la parte móvil del cuerpo.

Combustible para el cohete
Consulta la pág. 8

Detectores sensibles a la luz que orientan el satélite en relación con el Sol y la Tierra. Las señales de los sensores se envían a los circuitos electrónicos del satélite, que calculan las correcciones de posición necesarias.

Consulta la
página 41

Pequeños cohetes que mantienen la velocidad de giro y la orientación correctas. Obedecen a las órdenes procedentes de la antena de mando y de los sistemas de control de abordó.

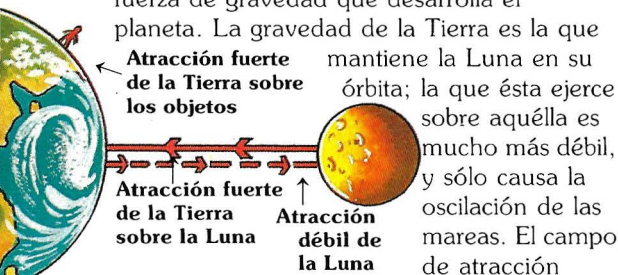
Consulta la pág. 41

Las naves espaciales y la gravedad

Se llama gravedad a la fuerza que mantiene los objetos pegados a la superficie de los planetas. Para llevar los satélites al espacio se usan cohetes que ascienden a mucha velocidad para vencer esa fuerza. Una vez en el espacio, los satélites se mantienen en órbita también por efecto de la gravedad. En estas páginas encontrarás la explicación a ese fenómeno.

¿Qué es la gravedad?

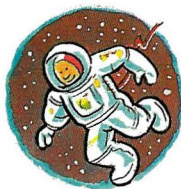
La gravedad es una fuerza de atracción que se produce entre los objetos. Pero para que su efecto sea apreciable, al menos uno de los objetos en juego ha de ser enorme. Si las cosas no despegan de la superficie terrestre es, justamente, por la enorme fuerza de gravedad que desarrolla el planeta. La gravedad de la Tierra es la que



Masa y peso

La intensidad con que la gravedad actúa sobre un objeto depende de la masa de éste, que es la cantidad de materia que contiene.

Se llama peso a la fuerza con que un planeta atrae a la masa de un objeto. Esta permanece invariable, pero su peso variaría si se trasladase a otro planeta. La atracción gravitatoria que ejerce un planeta depende también de su masa. En el espacio exterior reina una atracción gravitatoria muy pequeña llamada microgravedad, y por eso allí los objetos pesan muy poco.



Atracción gravitatoria

Atracción de la Tierra

La pelota cae al suelo



Si lanzas una pelota hacia arriba, la gravedad de la Tierra tira de ella hacia abajo, y reduce su velocidad hasta detenerla y obligarla a caer de nuevo.

Atracción lunar débil

La pelota sube mucho.



Si hicieses lo mismo en la Luna, la pelota subiría mucho más alto antes de caer otra vez, porque la masa de la Luna es inferior a la de la Tierra y, por ello, también la intensidad de su atracción gravitatoria.

Órbita espacial

El satélite cae tanto como se curva la superficie de la Tierra

Atracción de la gravedad

Órbita



Para que los satélites no caigan como la pelota de arriba, es preciso empujarlos a mucha velocidad con un cohete. Una vez en el espacio, el satélite es impulsado lateralmente desde el cohete a una velocidad que depende de su distancia a la Tierra. Conforme gira en torno a ésta, cae hacia su centro, atraído por la fuerza de la gravedad.

Si el satélite se mueve a una velocidad suficiente, la distancia que cae en un momento dado lo mantiene exactamente sobre la curva de la órbita. La velocidad a la que eso ocurre se llama velocidad orbital.

Velocidad y gravedad

El mecanismo que mantiene en órbita a los satélites queda ilustrado por el ejemplo de este hombre que hace molinetes con un cubo.

1

El agua cae del cubo

Atracción gravitatoria



Cuando da vueltas al cubo despacio, la fuerza de la gravedad tira de éste y del agua, que vuelve hacia la Tierra y deja al hombre calado.

2

El agua se mantiene en el cubo



Pero cuando aumenta la velocidad, llega un momento en que el agua logra mantenerse dentro del cubo, como un satélite en torno a la Tierra.

3

El cubo y el agua tiran del hombre



Si aumentase la velocidad, el cubo levantaría al hombre. Del mismo modo, si un satélite gira demasiado rápido, se aleja de la Tierra.

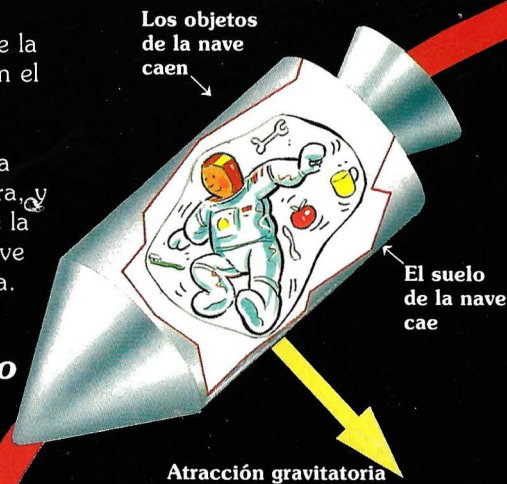
Cuanto más cerca de la Tierra está la órbita del satélite, tanto mayor es la atracción de la gravedad, y tanto más alta ha de ser su velocidad para mantenerse.

Ingravidez

Cuando una nave espacial orbita en torno a la Tierra, los astronautas que la tripulan flotan, y para mantenerse en el suelo tienen que sujetarse con algo. Ellos y todos los objetos sueltos mantienen con el suelo de la nave la misma relación que ésta con la Tierra, y caen a consecuencia de la fuerza de la gravedad; pero como también la nave cae, flotan como si no pesasen nada.

Navegantes del espacio

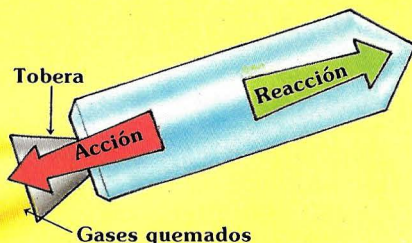
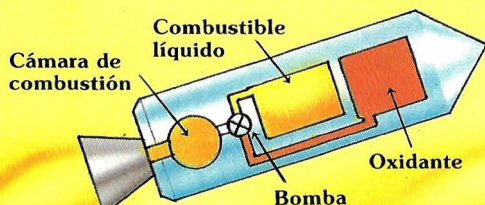
La palabra astronauta deriva del latín y el griego, y significa navegante de las estrellas. También se les llama cosmonautas, que significa navegantes del cosmos.



Para salir de la Tierra

Para que permanezcan en órbita, hay que alejar los satélites de la Tierra, sujetos en el morro de un cohete propulsor no tripulado o en la bodega de un transbordador espacial, y dejarlos a la altura y la velocidad adecuadas. Todos los cohetes funcionan según un principio que dice que a toda

acción ejercida en un sentido se opone una reacción que actúa en el contrario. Para comprobarlo, suelta un globo inflado: mientras el aire escapa hacia atrás, el globo se mueve hacia adelante. Este escape de gases se provoca en un cohete quemando un combustible líquido o sólido.



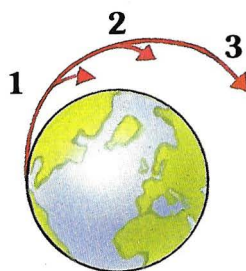
1 Dentro del cohete hay dos depósitos, uno de combustible líquido y otro de oxidante. El combustible sólo arde si se mezcla con el oxidante. Los dos productos se bombean hacia una cámara de combustión en la que se queman. La mezcla se llama propelente.

2 Al arder, el propelente produce gases que salen a gran velocidad por una tobera, y empujan el cohete hacia delante. En los cohetes de combustible sólido, éste y el oxidante forman una mezcla gomosa que se almacena en un único depósito.

Fases de un cohete

Este dibujo representa el cohete Ariane, formado por tres piezas o fases, cada una de ellas con sus depósitos de combustible y su tobera. Primero se enciende la fase inferior, que funciona hasta agotar el combustible y luego se separa. Las otras dos funcionan igual, la última de ellas deja el cohete en una órbita llamada de transferencia (pág. 10).

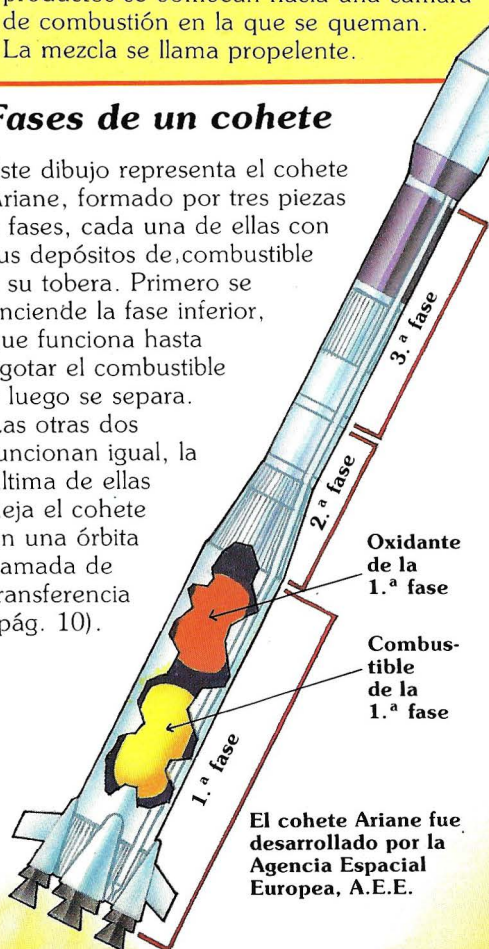
Lanzamiento del Ariane



La 1.ª fase se separa a una altura de 43 km.

La 2.ª fase se separa a 300 km de altura

La 3.ª fase coloca el satélite en órbita



El cohete Ariane fue desarrollado por la Agencia Espacial Europea, A.E.E.

Lanzamiento del transbordador espacial

El transbordador espacial se diferencia de los cohetes en que la mayor parte del vehículo puede volver a utilizarse. Se lanza como un cohete y también lleva un satélite, pero va tripulado. Lleva tres cohetes alimentados por un enorme depósito externo más dos motores auxiliares de combustible sólido (derecha).

Lanzamiento del transbordador

Fase del lanzamiento de un transbordador.

1 La tripulación sube a bordo dos horas antes para verificar los instrumentos.

2 A los dos minutos, a 43 km de altura, se agotan los motores auxiliares y se separan por acción de una carga explosiva.

3 Los motores caen al mar. Se remolcan a tierra para ser usados de nuevo.

4 Los motores principales se apagan a 115 km de altura y el depósito externo se separa.

5 El depósito se desintegra al penetrar en la atmósfera, y los restos caen al mar.

6 El vehículo gira sobre sí mismo mientras asciende.

7 Se abren las compuertas para dar salida al calor. El transbordador orbita a 28.160 kph.

El extremo del depósito actúa de pararrayos durante el despegue.

A Depósito.

B Conducciones entre el vehículo y el depósito.

Los tripulantes permanecen en la cubierta de vuelo, sujetos a sus asientos.

Bodega con satélites.

C Cohete de combustible sólido.

A El depósito de aluminio mide 47 m. Está lleno de hidrógeno (el combustible) y oxígeno (el oxidante) líquidos. Es la única parte del vehículo que no vuelve a utilizarse.

B El combustible y el oxidante pasan a los motores del vehículo por unas tuberías.

C Los dos cohetes auxiliares de combustible sólido de 45 m se encienden durante el despegue. El combustible que llevan se agota en dos minutos. Pasado este tiempo se lanzan al mar.

D Los cohetes del transbordador son los primeros gobernados por un ordenador, que controla la aceleración para reducir al mínimo los esfuerzos.

D Cohetes del transbordador.

Órbitas en torno a la Tierra

Los satélites y estaciones espaciales pueden orbitar a casi cualquier altura, siempre que giren a la velocidad suficiente para contrarrestar la atracción de la gravedad correspondiente a esa altura. La órbita se elige en función del trabajo que haya de realizar el satélite. La órbita puede recorrer el ecuador, ir de un polo al otro o seguir un ángulo intermedio entre esos dos.

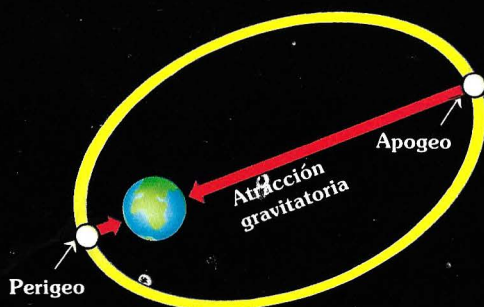
La forma de la órbita

Los satélites describen en su órbita una curva llamada elipse. Como la circunferencia es un caso particular de elipse, la órbita puede ser también circular. Una órbita elíptica muy alargada, como la del dibujo de abajo, se llama excéntrica, y es la que siguen los satélites de espionaje y, en general, todos los que deben acercarse mucho a la tierra por algún punto. En las órbitas circulares, la velocidad es constante, mientras que en las elípticas varía continuamente.



Órbitas no circulares

Para colocar un satélite en una órbita elíptica, el cohete tiene que soltarlo mientras lo aleja de la Tierra. El satélite sigue alejándose bajo su propio impulso, pero va poco a poco frenando por efecto de la gravedad. El punto más lejano al que llega se llama apogeo; en éste su velocidad es mínima, y la fuerza gravitatoria lo atrae desde allí de nuevo hacia la Tierra.



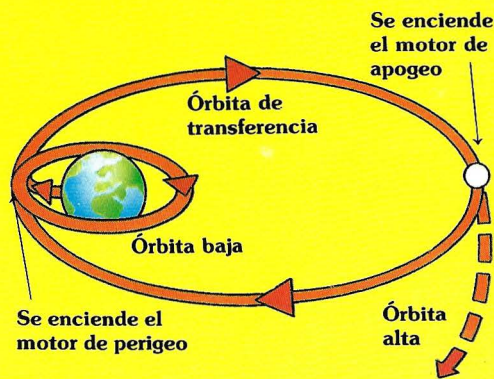
El punto más próximo se llama perigeo y el satélite pasa por él a una velocidad muy alta, suficiente para no caer a la Tierra a pesar de lo cerca que está de ella. La situación del apogeo y el perigeo depende de la dirección y la velocidad del satélite en el momento de soltarse del cohete.

Órbitas de transferencia

Algunos satélites que deben girar en órbitas muy altas se colocan primero en una más baja, con un cohete o con un transbordador.

Desde allí, un cohete del propio satélite, llamado motor de perigeo, lo lanza a una órbita no circular de transferencia (al lado).

Cuando alcanza el punto más remoto de esa órbita, un segundo cohete, llamado de apogeo, lo lanza hacia la órbita definitiva.



Freno atmosférico

Las moléculas del aire se mantienen en torno a la Tierra gracias a la atracción gravitatoria. Si un satélite atraviesa la atmósfera, roza contra esas moléculas y su velocidad disminuye; al cabo de cierto

tiempo no podrá neutralizar la atracción de la gravedad, caerá hacia la Tierra y se quemará en contacto con el aire. El freno atmosférico es inapreciable por encima de unos 500 km.

Tipos de órbitas

Esta figura ilustra tres tipos de órbitas muy importantes.

Geoestacionaria

A una altura de 35.786 km, un satélite tarda 24 horas en dar la vuelta a la Tierra, lo mismo que ésta en girar en torno a su eje. Un satélite colocado en esa órbita, justo sobre el ecuador y moviéndose hacia el este, permanece aparentemente quieto sobre un punto del planeta, y se dice que está en órbita geoestacionaria o geosincrónica. Las estaciones de seguimiento «ven» los satélites siempre en el mismo sitio.

Polar

Se llama polar cualquier órbita que va de un polo a otro. Giran así los satélites de recursos terrestres y algunos meteorológicos. Las órbitas polares suelen ser bajas, y los satélites situados en ellas rodean la Tierra unas catorce veces diarias; en cada revolución «ven» una parte distinta del suelo, de modo que recorren el planeta completo en unos pocos días. En la página 30 encontrarás más detalles sobre órbitas polares y heliosincrónicas.

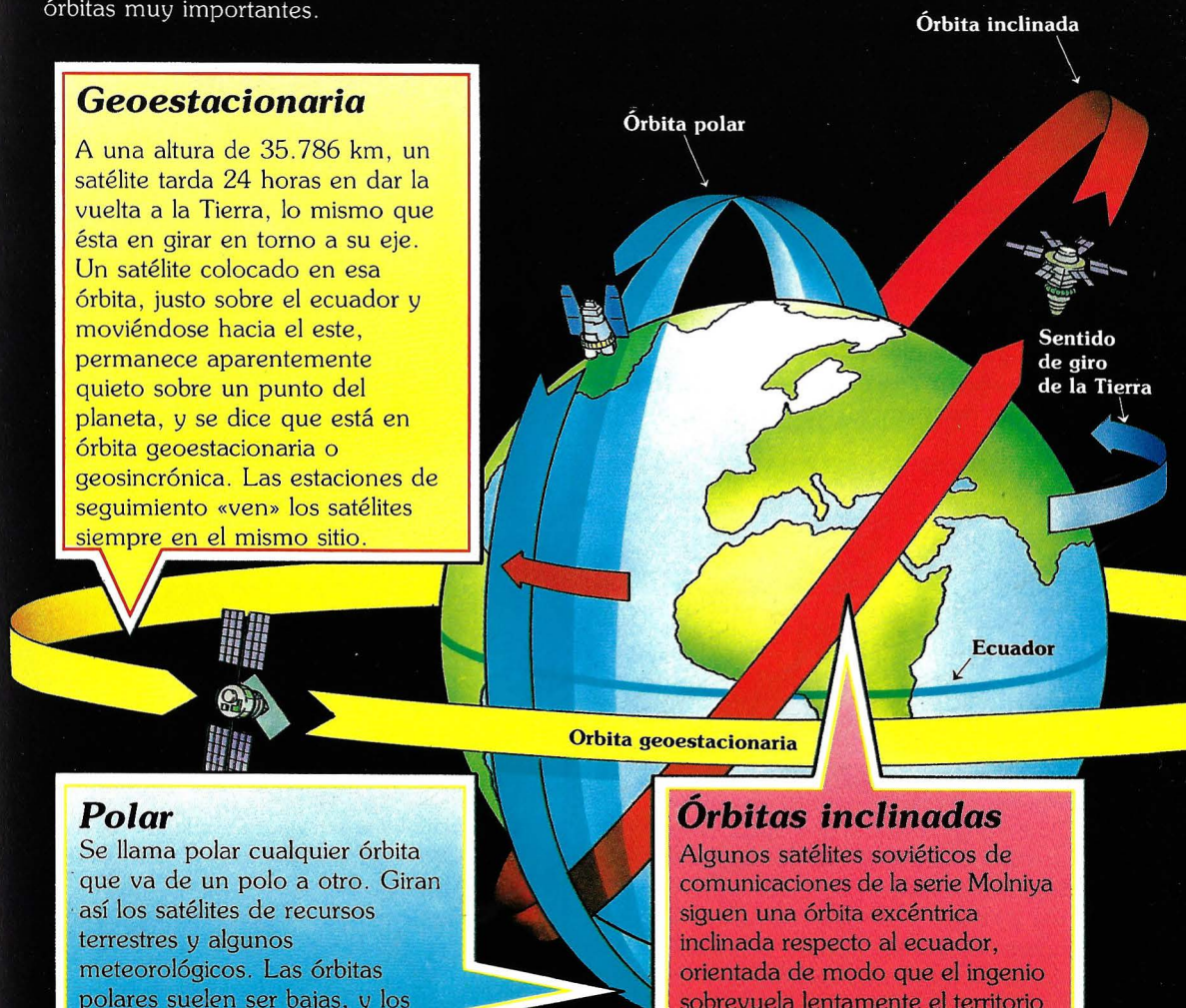
Órbitas inclinadas

Algunos satélites soviéticos de comunicaciones de la serie Molniya siguen una órbita excéntrica inclinada respecto al ecuador, orientada de modo que el ingenio sobrevuela lentamente el territorio soviético durante una parte importante de ella. También emplean estas órbitas los países que no disponen de bases de lanzamiento próximas al ecuador, porque en ese caso es difícil y caro alcanzar la órbita geoestacionaria.

El período de los satélites

Se llama período de un satélite al tiempo que emplea en describir una revolución en torno a la Tierra, y se mide respecto a un punto fijo de la superficie del planeta.

Así, un satélite situado en una órbita de 1.700 km tiene un período de unas dos horas. Cuanto más baja es la órbita, tanto más corto es el período.

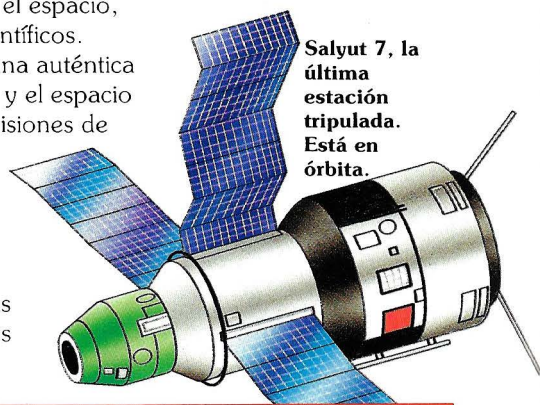


Así funciona una estación espacial

Una estación espacial no es sino un satélite tripulado. Hasta ahora, las únicas estaciones puestas en órbita han sido las norteamericanas de la serie Skylab y las soviéticas de la serie Salyut, utilizadas para estudiar las consecuencias de la vida en el espacio, para observar la Tierra y para realizar experimentos científicos.

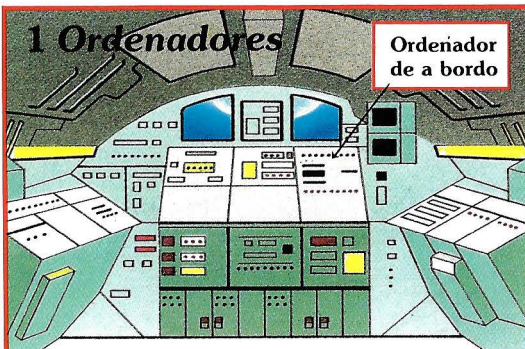
El transbordador espacial de Estados Unidos no es una auténtica estación, sino un vehículo de transporte entre la Tierra y el espacio capaz de volar como un avión. Sin embargo, en sus misiones de nueve o diez días de duración, durante los que los tripulantes lanzan y reparan satélites y realizan experimentos, sí funciona como estación espacial.

La estación Salyut 6 es la que más tiempo ha permanecido en órbita (seis años), pero las estaciones futuras serán instalaciones permanentes. En estas páginas verás las cosas que se usan en todas, sean permanentes o provisionales.



Salyut 7, la última estación tripulada. Está en órbita.

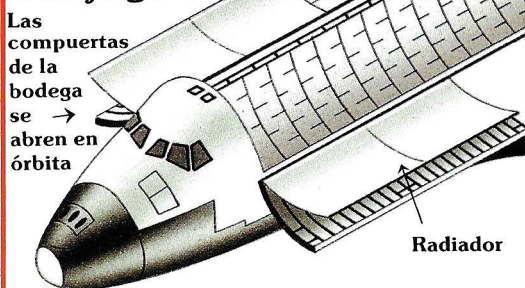
1 Ordenadores



Ordenador de a bordo

Los ordenadores se encargan de manejar los complejos sistemas de navegación y mantenimiento de las condiciones de vida de a bordo. Los transbordadores llevan cinco, accesibles a través de pantallas y teclados dispuestos en la cabina (arriba).

2 Refrigeración

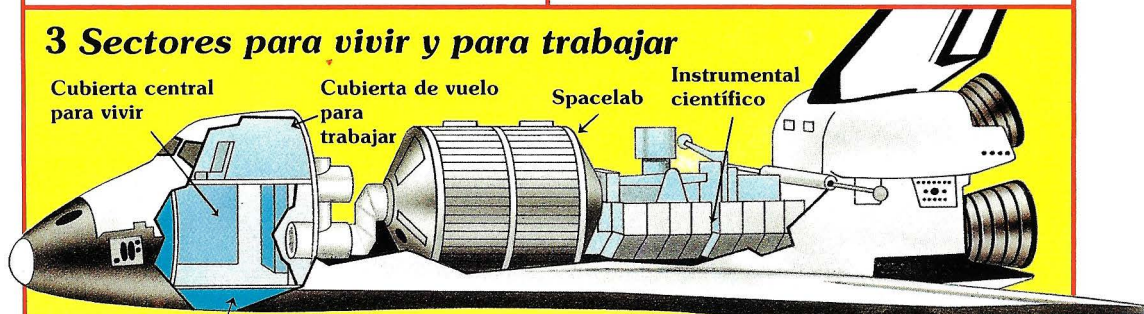


Las compuertas de la bodega se abren en órbita

Radiador

Las estaciones se refrigeran por la acción de un líquido que circula por tuberías y absorbe el calor producido por los instrumentos. En los transbordadores, se enfría en unos radiadores instalados en el interior de las compuertas de la bodega.

3 Sectores para vivir y para trabajar



Cubierta central para vivir

Cubierta de vuelo para trabajar

Spacelab

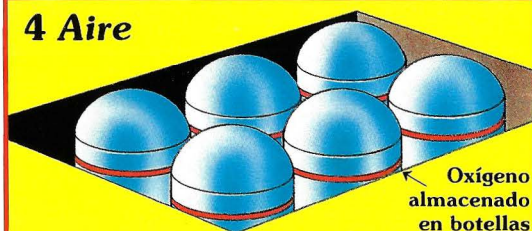
Instrumental científico

Cubierta de material

Las zonas destinadas a vivir son muy pequeñas. Casi todo el sitio está ocupado por las zonas de trabajo, los mandos de la nave, el instrumental científico y los depósitos de oxígeno, agua y otros materiales. El morro de los transbordadores

está dividido en tres sectores, reservado cada uno para una función. En algunas misiones, los transbordadores llevan en la bodega un laboratorio llamado Spacelab y plataformas abiertas con instrumental científico (página 21).

4 Aire



Dentro de la estación tiene que haber aire para respirar y para mantener la presión. Sin presión, la sangre y otros líquidos se evaporan, y los astronautas morirían. El aire de las estaciones suele ser una mezcla de oxígeno y nitrógeno filtrada y reciclada continuamente. El sistema de control del aire, el agua y la temperatura se llama de mantenimiento de las condiciones de vida.

5 Esclusas



Si la estación tuviese una puerta corriente, al abrirla todo el aire de dentro sería absorbido por el vacío de fuera. El problema se resuelve con una esclusa, que es un recinto hermético con dos escotillas. El tripulante atraviesa la primera escotilla y la cierra; se ajusta el traje espacial, hace el vacío en la esclusa y abre la segunda escotilla para salir al exterior.

6 Protección



Las estaciones han de resistir los impactos de aerolitos, para lo que se construyen con cascos dobles de aluminio muy resistentes.

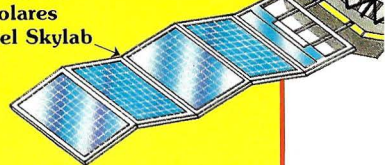
7 Carga



Las estaciones tienen que transportar instrumental científico, satélites y otras cargas, a veces pagadas por empresas privadas. En el dibujo, un transbordador pone en órbita un satélite. Las estaciones Salyut sólo llevan material del gobierno.

8 Energía

Paneles solares del Skylab

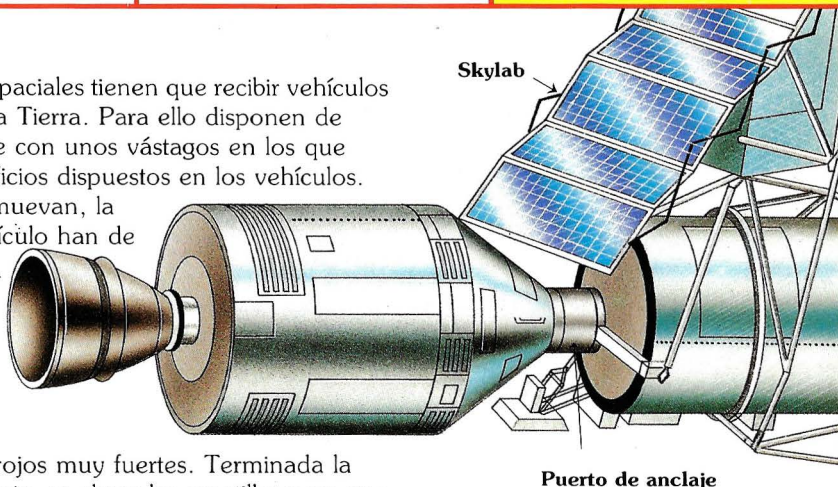


Las grandes estaciones espaciales disponen de enormes paneles solares para producir electricidad. Los transbordadores emplean células de energía, en las que la electricidad se obtiene por combinación de oxígeno e hidrógeno.

9 Anclajes

Las estaciones espaciales tienen que recibir vehículos procedentes de la Tierra. Para ello disponen de puntos de anclaje con unos vástagos en los que encajan unos orificios dispuestos en los vehículos. Para que no se muevan, la estación y el vehículo han de

Módulo Apollo con hombres y suministros anclado en el Skylab



sujetarse con cerrojos muy fuertes. Terminada la maniobra de anclaje, se abren las escotillas para que los tripulantes pasen al interior de la estación.

La vida en el espacio

Debido a la ausencia de gravedad, en el interior de una estación espacial todos los objetos flotan, y los astronautas no pueden comer, dormir ni lavarse como en la Tierra. Todas las herramientas e instrumentos que usan tienen que estar sujetos para no provocar accidentes al flotar sin control. Para fijarlos se usan pinzas magnéticas o cierres tipo Velcro (marca registrada de un sistema de cintas que se adhieren con gran fuerza).



Los objetos que no están sujetos flotan libremente

¿Qué se siente?

En el espacio no hay arriba y abajo, pero los astronautas prefieren que los instrumentos estén todos organizados como si hubiese diferencia entre el suelo y el techo. Aun así, muchos sufren el mal del espacio, que es una especie de mareo, porque el cerebro no controla bien el

cuerpo cuando éste flota sin peso. Habituarlos a la falta de peso cuesta alrededor de tres días, tiempo que tarda el cerebro en adaptarse a la falta de peso.



El cuerpo cambia

Al desaparecer el peso, los líquidos orgánicos tienden a acumularse en la parte superior del cuerpo: la cara se hincha, la cabeza se siente cargada, como cuando se tiene catarro, y las piernas adelgazan. También aumenta un poco la altura (derecha), porque los discos intervertebrales no están comprimidos por el peso del propio cuerpo.

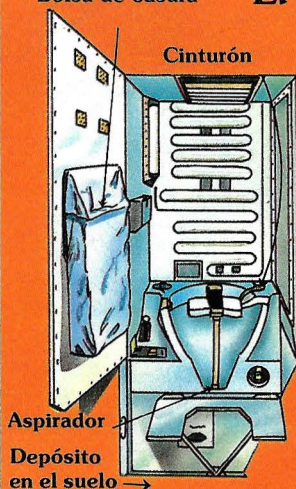


La jornada de un astronauta

En estas páginas encontrarás los dispositivos más modernos que usan los astronautas en su vida cotidiana en una estación espacial. Casi todos pertenecen a los transbordadores, y se han diseñado a partir de la experiencia sacada del Skylab. Los tripulantes del Salyut viven de forma parecida, aunque usan aparatos de aspecto diferente y viven y trabajan en el mismo sitio. En el espacio no hay día y noche, pero los astronautas siguen un horario artificial. Duermen unas ocho horas y dedican el resto del tiempo al trabajo que interrumpen para comer y descansar.

El retrete espacial

Bolsa de basura



Un mando manual activa un aspirador que extrae las heces y las lleva a un depósito dispuesto bajo el suelo. Los residuos sólidos se desinfectan automáticamente antes de pasar al depósito.

La comida

La comida se conserva fresca durante mucho tiempo en latas, sobres de aluminio y bolsas de plástico. Las galletas y otros alimentos por el estilo son iguales a los que se comen en la Tierra. Algunos productos se secan y luego se les añade agua a bordo. Los alimentos más perecederos se esterilizan cocidiéndolos en tierra a baja temperatura o tratándolos con radiaciones antes de envasarlos.



Recipientes de comida

Chaqueta con pliegues

Bolsillos cerrados

La ropa

Dentro de la estación, los astronautas llevan ropa muy cómoda. Los pantalones tienen un elástico por abajo para que no suban las perneras, y multitud de bolsillos cerrados para que no se escape lo que hay dentro. La chaqueta dispone de pliegues elásticos. Antes de volver a la Tierra, los tripulantes se ponen una ropa especial que obliga a los líquidos corporales a bajar, para adaptarse de nuevo a las condiciones de gravedad.

El aseo

En un espacio tan reducido como el de una estación espacial, lavarse y eliminar la basura son necesidades particularmente importantes. La basura se guarda en depósitos que vuelven a la Tierra, a veces en otros vehículos. El dibujo ilustra el lavabo de un transbordador; tiene dos aberturas para las manos y salidas de agua y jabón. El agua sucia es aspirada hacia un depósito, que cuando está lleno se vacía en el espacio a través de una esclusa.

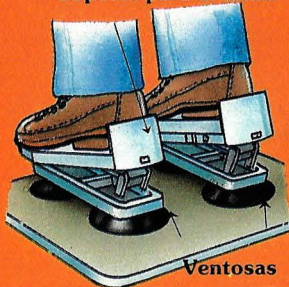


Lavabo cerrado

Sujetarse

Los astronautas se sujetan con pasamanos, correas para los pies y ventosas, con el fin de que la falta de peso no les estorbe durante el trabajo. En ausencia de gravedad, los pies tienden a apuntar hacia abajo, como cuando se está descansando, lo que dificulta todavía más la estancia erguida. En los transbordadores se usan anclajes especiales con ventosas.

Soporte para el talón



Ventosas

El ejercicio

En el espacio es importantísimo hacer gimnasia, para utilizar los músculos que en la Tierra se mantienen en tensión por efecto del peso. Para ello se utilizan tapices rodantes y bicicletas instalados en el suelo. Junto a estos aparatos hay un aspirador para succionar el sudor, porque en ausencia de gravedad el agua no se despegue de las superficies.

Tapiz rodante

Arnés para los hombros



Base metálica



Despensa

Horno

Bandejas de comida

Depósito y calentador de agua

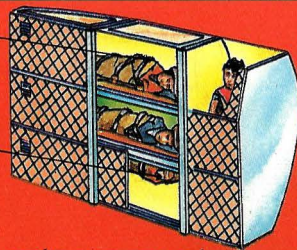
La cocina es una máquina grande con agua caliente y fría, cubiertos, bandejas, despensa y un horno de aire caliente. Las bandejas se sujetan a la mesa con imanes.

Los astronautas comen de pie. Para que los alimentos no se desprendan del tenedor y escapen flotando, tienen que llevarlos rápidamente a la boca.

Saco de dormir

Tripulante boca abajo

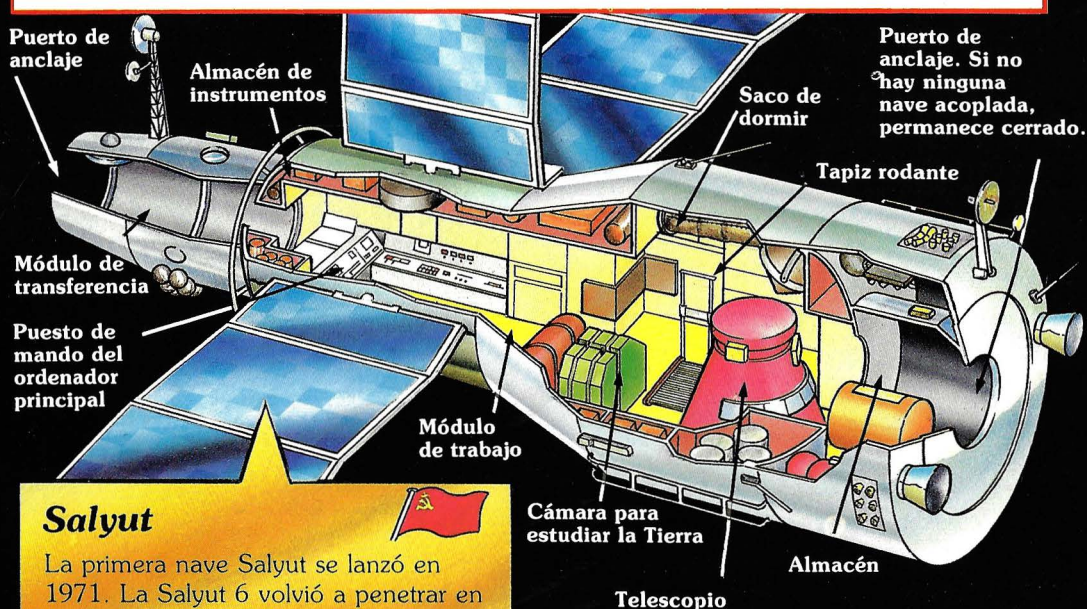
Dormir



El dibujo de arriba corresponde al «dormitorio» de un transbordador. Está instalado en la cubierta central y tiene sitio para cuatro personas. En cada litera hay un saco de dormir ignífugo ventilado sujeto a una colchoneta. Un tripulante tiene que dormir de pie y otro boca abajo, aunque en ausencia de gravedad eso no resulta nada raro.

Salyut y Skylab

Estas páginas recogen algunos aspectos de las únicas estaciones espaciales que han realizado misiones de larga duración en el espacio: la norteamericana Skylab y la soviética Salyut, perteneciente a una serie de la que se han construido ya siete. El objetivo de los dos tipos de vehículos es estudiar las consecuencias de la permanencia prolongada en el espacio y realizar experimentos científicos. Las dos se cierran cuando quedan vacías y se activan automáticamente cuando llegan nuevos tripulantes.



Salyut

La primera nave Salyut se lanzó en 1971. La Salyut 6 volvió a penetrar en la atmósfera en 1982, y ahora el programa continúa con la Salyut 7, lanzada en 1982.

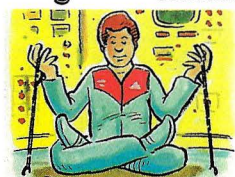
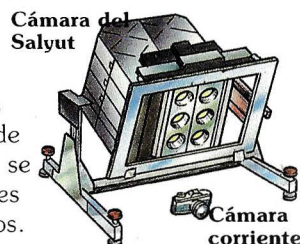
La Salyut tiene un punto de anclaje en cada extremo. En uno de ellos hay una esclusa llamada módulo de transferencia por el que penetran en la estación los tripulantes que llegan de la Tierra. Estos y los suministros se envían en vehículos robotizados llamados «Progress» o en las naves tripuladas Soyuz. El acoplamiento de una nave a cada extremo de la Soyuz 6 marcó la primera reunión en el espacio de tres vehículos.

Las estaciones Salyut funcionan con la electricidad generada por los paneles solares que salen radialmente del casco, dividido por dentro en varias secciones. La principal, llamada módulo de trabajo, sirve para vivir y para trabajar. Los tripulantes de estas estaciones han batido todas las marcas de permanencia en el espacio.

Experimentos en el espacio

Tanto en la estación Salyut como en la Skylab, los tripulantes han realizado numerosos experimentos. Aquí se describen algunos, y en la página 20 se habla de los productos fabricados en el espacio.

- * Se han tomado numerosas fotografías de la Tierra, a partir de las que, por ejemplo, se han detectado regiones expuestas a terremotos.
- * Desde la Tierra, los científicos controlan el comportamiento de los tripulantes, los ritmos cardíaco y respiratorio durante el ejercicio, etc.



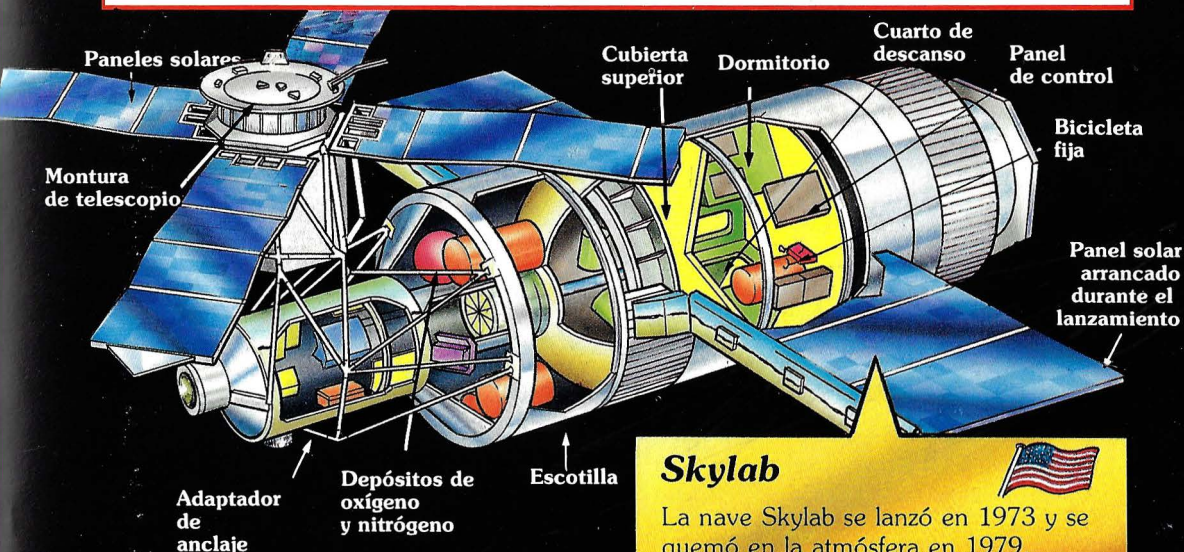
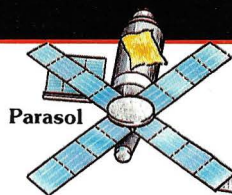
Cosmonauta indio del Salyut 7 haciendo yoga

Reparaciones en el espacio

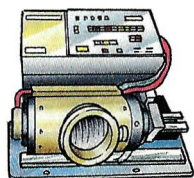
Durante el lanzamiento del Skylab se rompió un escudo protector del calor del casco principal, que arrancó uno de los grandes paneles solares y dejó el otro atascado a medio abrir; como consecuencia, la estación quedó subalimentada y sobrecalentada. Los primeros tripulantes de la estación colocaron un «toldo» que redujo la temperatura

interior, y también lograron abrir el panel atascado.

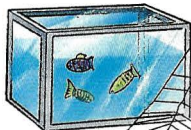
En la Salyut 7 se estropeó un panel solar y se rompió una tubería, que dejaba salir combustible al espacio; los cosmonautas, fuera de la estación, instalaron otro panel y repararon la tubería.



- * Los telescopios de la Skylab estudiaron la actividad solar.
- * Los tripulantes de las dos estaciones fabricaron y probaron nuevos materiales y cristales. La Salyut tiene dos hornos para fabricar productos.
- * Dos arañas se adaptaron al medio ingrávido y tejieron redes normales. Unos peces que se llevaron en un acuario nadaban en círculos cerrados, pero los nacidos en el espacio lo hacían normalmente.



Un horno de la Salyut



Skylab



La nave Skylab se lanzó en 1973 y se quemó en la atmósfera en 1979, después de haber llevado tres tripulaciones distintas. Se construyó con elementos de un cohete Saturno V; el depósito de hidrógeno del cohete se transformó en el cuerpo principal de la nave, y el de oxígeno en el basurero. A la sección principal se acopló un adaptador de anclaje, al que se fijaban los módulos de mando Apollo que traían de la Tierra las nuevas tripulaciones.

Sobre el adaptador había una plataforma con una montura de telescopio provista de instrumentos para estudiar el Sol y alimentada con sus propios paneles solares. El cuerpo central disponía de otros dos paneles, de los que uno se rompió durante el lanzamiento.

En la cubierta inferior del cuerpo central había una «cámara de oficiales» (un pequeño cuerto para descansar y comer), compartimentos para dormir, un retrete y un laboratorio.

Construir y reparar en el espacio

Los transbordadores espaciales son ante todo transportes que en el futuro se encargarán de volar desde la Tierra a las estaciones espaciales para llevar tripulantes y suministros. Pero los astronautas que los manejan serán también los encargados de construir esas estaciones. El dibujo de la derecha representa una escena de montaje de una estación a partir de secciones construidas en la Tierra y transportadas en los transbordadores. En los recuadros aparecen algunos de los dispositivos de que se sirven los astronautas en su trabajo. Los futuros habitantes de las estaciones usarán cosas parecidas para desempeñar su trabajo principal, consistente en reparar satélites averiados y otros ingenios espaciales.

Tripulación de un transbordador

En un transbordador pueden ir hasta siete tripulantes. En las estaciones habrá más, pero estarán organizados de forma similar.

El comandante es el responsable de la estación, y decide en caso de emergencia.



El piloto es el segundo de a bordo, y ayuda a manejar los mandos de la nave.



Los especialistas de misión son astronautas científicos adiestrados para realizar misiones de reparación; ayudan al comandante y al piloto en los asuntos de navegación.



Los especialistas de carga son científicos e ingenieros encargados de realizar los experimentos del Spacelab y otras misiones científicas.

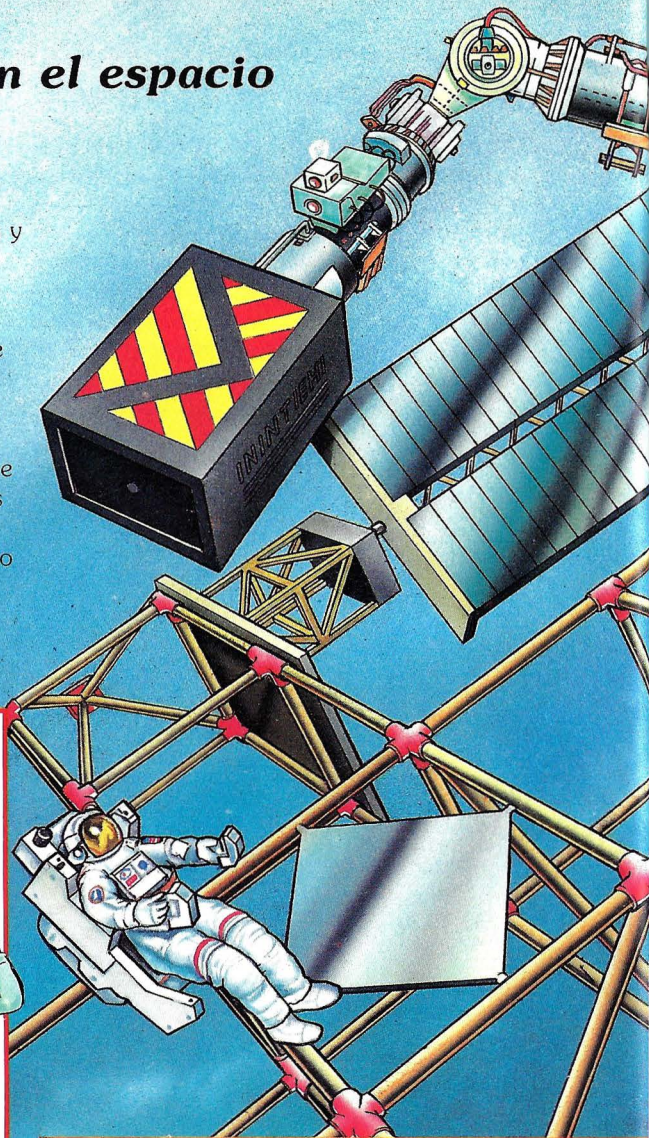


EVA

Los astronautas de los transbordadores salen al espacio a reparar satélites y, en el futuro, montarán las estaciones orbitales; esas operaciones se llaman actividad extravehicular o EVA. Los tripulantes usan trajes presurizados que les proporcionan oxígeno.

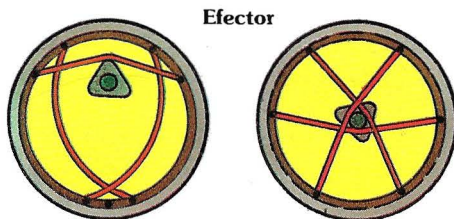


1 La ropa interior tiene tubos para el agua de refrigeración y conductos de aire.



Brazo manipulador (RMS)

El RMS es un brazo robot articulado de 15 m de longitud instalado en la bodega de los transbordadores. Sirve para descargar satélites y lanzarlos o para recoger los que necesitan reparación. Puede funcionar solo, gracias a una serie de programas, o bajo control manual. En el brazo hay varias cámaras de televisión que transmiten a la cubierta de vuelo imágenes de los movimientos que realiza. Las futuras estaciones podrían disponer de grúas parecidas para realizar misiones de lanzamiento y reparación. La «mano»



Efecto

del RMS, llamada efecto, sujeta las cargas transportadas en la bodega agarrándolas por un vástago. Dentro del efecto hay tres cables, sujetos por uno de sus extremos a un anillo móvil que gira para cruzarlos y tensarlos en torno al vástago.

MMU

Estos dos astronautas llevan un dispositivo de maniobra llamado MMU. Está alimentado por baterías y controla 24 pequeños chorros de gas que sirven para desplazarse en vertical y en horizontal. En la página 41 encontrarás más detalles sobre esto.

Reparación de satélites

Reparar satélites será una de las ocupaciones más frecuentes en las futuras estaciones orbitales. En 1984, los tripulantes de un transbordador lograron arreglar un satélite científico llamado Solar Maximum Mission. El satélite está constituido por varias unidades llamadas módulos, fáciles de montar y desmontar; la reparación consiste en cambiar un módulo por otro.

1 Con ayuda del RMS, se carga el satélite en la bodega.



3 El RMS vuelve a colocar el satélite en órbita.

2 Uno de los astronautas cambia las piezas averiadas



2 El traje, dividido en dos partes, se encuentra en una esclusa, donde el astronauta se lo coloca. La mochila posterior de mantenimiento de las condiciones de vida tiene oxígeno para siete horas.



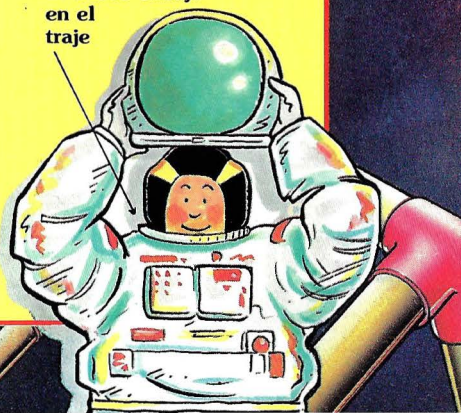
4 Por fin se colocan los guantes, que encajan en las mangas, y el casco, con un visor protector de plástico.

Anillos de metal para unir las piezas



3 La cabeza se cubre con un gorro provisto de auriculares y micrófono, para comunicarse con los otros tripulantes y con la Tierra. En la zona del pecho hay un ordenador que controla el funcionamiento del traje.

El casco encaja en el traje



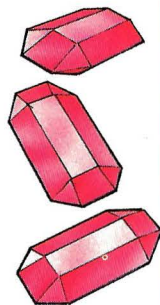
Experimentos en estaciones espaciales

La falta de gravedad permite producir en el espacio materiales que en la Tierra serían difíciles o imposibles de obtener. En las estaciones Skylab y Salyut y en los transbordadores se han realizado experimentos para determinar los productos más adecuados para fabricar en esas condiciones. El dibujo grande de esta página representa un laboratorio como el que podría haber en la futura estación de la página 22. Las empresas privadas alquilarán parte de ese laboratorio para producir sus artículos. Incluso podrían ponerse en órbita factorías espaciales.



Crecimiento de cristales

En la tierra se hacen crecer cristales exponiendo una solución caliente a una corriente eléctrica, para que las partículas que han de formar el cristal se separen de la solución y se aglomeren. Pero el calor provoca convección, un movimiento de las partículas en el seno del líquido que dificulta la reunión uniforme de las partículas y facilita la inclusión de impurezas en el seno del cristal. En el espacio no hay convección, y por tanto es posible obtener cristales perfectos para utilizar en pastillas y circuitos electrónicos. Los fabricados en la Tierra presentan imperfecciones que a veces dan lugar a cortocircuitos.



En la Tierra



En el espacio

Aleaciones

Las aleaciones son mezclas de metales fundidos que, cuando endurecen, dan lugar a materiales más fuertes, más ligeros o más duraderos que los componentes aislados. En la Tierra, cuando se mezclan dos líquidos de diferente densidad, el más pesado de ellos tiende a acumularse en el fondo por efecto de la gravedad. En el espacio eso no ocurre (izquierda).

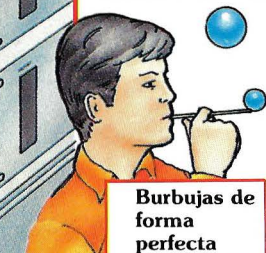
Medicamentos

Como en el caso de los cristales, la convección dificulta en la Tierra la extracción de las células vivas de algunos productos biológicos de interés, que sí puede realizarse en el espacio. Así, se han separado distintos tipos de células renales productoras de una sustancia que disuelve los trombos sanguíneos.

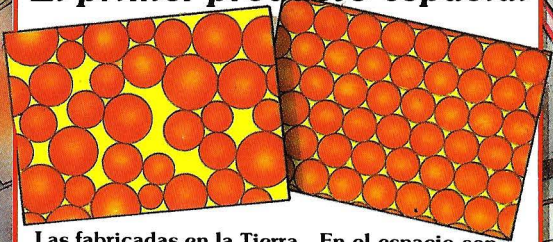


Lentes perfectas

En el espacio, los líquidos flotan en forma de esfera perfecta, mantenidos únicamente por la tensión superficial. Los tripulantes de la estación Skylab observaron que el agua podía estirarse en láminas y abombarse para confeccionar lentes de forma y espesor perfectos. Ahora se están llevando a cabo experimentos para hacer lo mismo con vidrio fundido.



El primer producto espacial



Las fabricadas en la Tierra son de tamaño variable

En el espacio son de tamaño uniforme.

El primer producto espacial vendido en la Tierra han sido estas diminutas esferas de látex, que sirven como referencia de medida en microscopía. Debido a la fuerza de la gravedad, las fabricadas en la Tierra no son de tamaño uniforme.

Spacelab

El Spacelab, construido por diez países europeos, es el primer laboratorio espacial reutilizable. Va instalado en la bodega de carga de los transbordadores. Una de sus secciones es un cilindro presurizado con instrumental para experimentos, bancos de trabajo y ordenadores. Las otras unidades son

unos soportes en forma de U en los que se instalan telescopios e instrumentos que hayan de funcionar en el espacio abierto. Los tripulantes pasan a éste desde la cubierta media del transbordador a través de un tubo.

Ventana y esclusa para exponer los experimentos al espacio.

Mandos y ordenadores

Soporte con instrumentos

Laboratorio presurizado

Tubo

El laboratorio por dentro

A bordo del Spacelab hay instalaciones para fabricar nuevos materiales, como medicamentos o aleaciones, para estudiar la Tierra y el espacio y para analizar el comportamiento de las

personas y los animales. Antes de volver a la Tierra, los tripulantes comprueban si todos los animales se encuentran seguros en sus jaulas y disponen de comida y agua suficientes; luego salen del Spacelab y cierran el tubo de acceso.

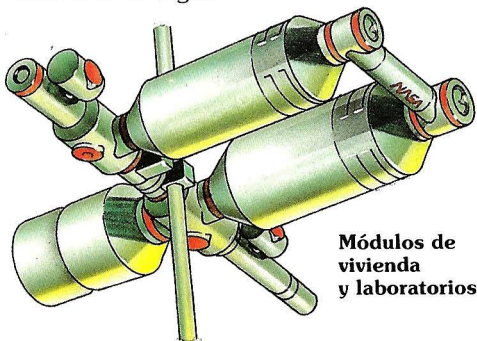
Futuras estaciones espaciales

La próxima fase de la exploración del espacio será la instalación de grandes estaciones permanentes, que servirán como observatorios y como factorías en las que se fabricarán cristales, aleaciones y otros productos. También se usarán para reparar satélites y como bases para otros vehículos espaciales. Aunque a la larga habrá en las estaciones una tripulación permanente, muchos de los trabajos se encomendarán a robots y otras máquinas automáticas. La estación ilustrada en el dibujo grande es un proyecto desarrollado en este momento entre Estados Unidos y varios países más; su entrada en funcionamiento está prevista para la próxima década. La montarán pieza por pieza en el espacio los tripulantes de los transbordadores.

Diseño de la estación

La estación estará probablemente formada por una larga viga de celosía a la que se acoplarán otras transversales. A lo largo de esa gran viga correrán los circuitos de refrigeración, eléctricos y de datos de ordenador.

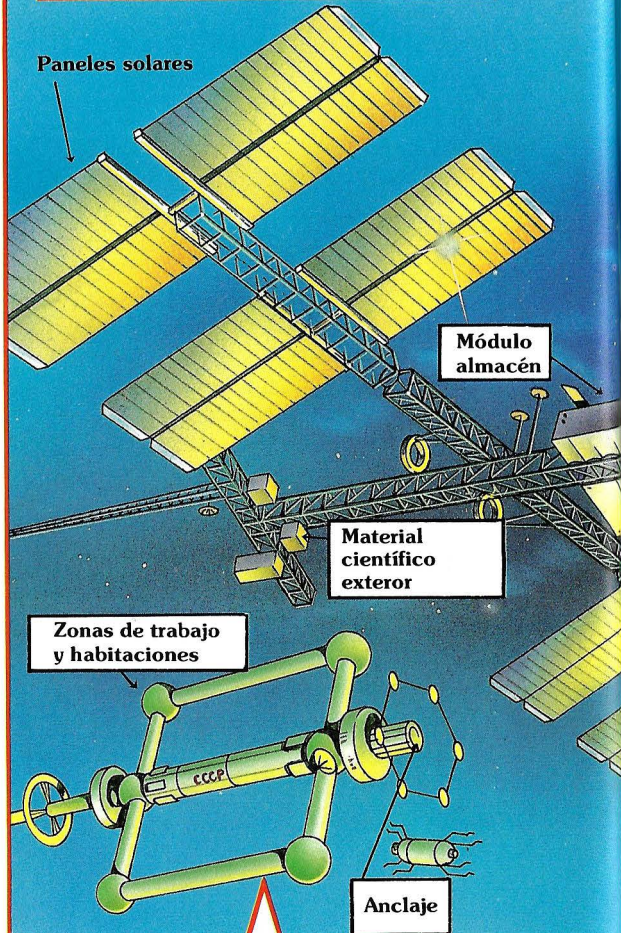
Vemos aquí un detalle de varios módulos acoplados a un extremo de la estructura de vigas.



Contienen la zona de vivienda, los laboratorios y bodegas de reparación de cargas y de almacenamiento de material. Unidos a la estructura habrá también grandes paneles solares para producir electricidad, antenas, radiadores de refrigeración, puntos de anclaje y cargas e instrumentales exteriores.

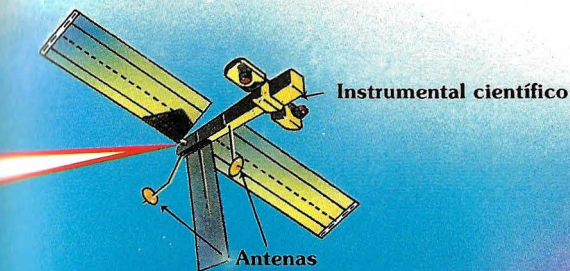
Plataformas no tripuladas

Junto con la estación trabajarán al menos dos plataformas no tripuladas. Ocuparán órbitas independientes y llevarán instrumentos científicos. Una de ellas seguirá una órbita polar y la otra evolucionará junto con la estación.



Futura estación rusa

La estación permanente proyectada por la Unión Soviética será un observatorio. Estará formada por tubos acoplados mediante esferas. Toda la estación girará en torno al eje central para crear un efecto de gravedad artificial.



Radiadores

Antena de comunicación

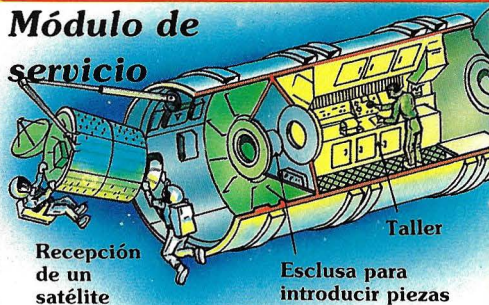
Módulos de vivienda, laboratorio y material

RMS

Módulo de servicio

Transbordador anclado

Módulo de servicio



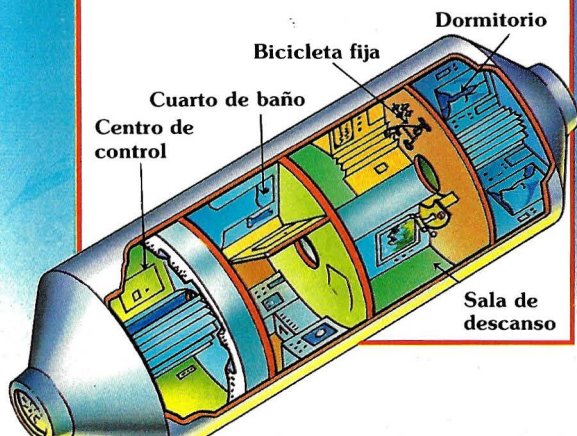
Recepción de un satélite

Taller
Esclusa para introducir piezas

Este módulo será un hangar para reparar y revisar satélites y otros dispositivos. Tendrá un taller presurizado en el que los tripulantes arreglarán las piezas y una pequeña esclusa de comunicación con un sector exterior en el que se colocarán los satélites.

Módulo de vivienda

Los módulos de vivienda presurizados serán los más confortables usados hasta la fecha en el espacio. Por primera vez dispondrán los astronautas de lavadora. Este dibujo en sección ilustra un módulo dividido en cuatro sectores.



Bicicleta fija

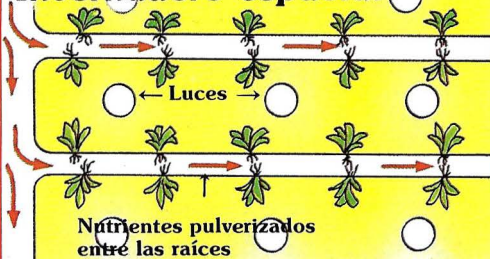
Cuarto de baño

Centro de control

Dormitorio

Sala de descanso

Invernadero espacial

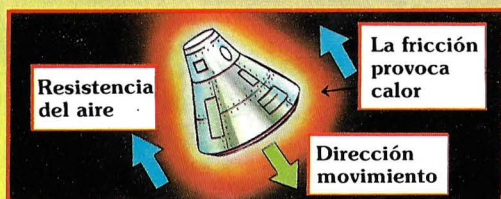


Quizá se instale en uno de los módulos científicos un invernadero para cultivar plantas, que servirán de alimento y para absorber parte del dióxido de carbono producido por la respiración de los tripulantes. En este proyecto, las plantas crecerían, unas boca arriba y otras boca abajo, hacia unas luces fluorescentes; como no habría tierra, las raíces recibirían los nutrientes disueltos en un líquido.

La vuelta a la Tierra

Los vehículos espaciales entran en la atmósfera de la Tierra a gran velocidad, para vencer la resistencia del aire (página 10). La fricción de las moléculas de aire contra el fuselaje (abajo) produce una fuerte elevación de la temperatura.

El calor se aprovecha en ocasiones para destruir ingenios no tripulados o que no pueden volver a utilizarse, como los vehículos de suministro Progress o los depósitos vacíos de los transbordadores. La ruta de entrada se planifica de modo que, si algún fragmento no se quema por completo, caiga al mar. Pese a todo, se producen accidentes. La plataforma Skylab debía hundirse en el Océano Índico, pero algunos fragmentos cayeron en Australia, por fortuna sin causar daños.



Bloqueo de radio

Las naves tripuladas deben sobrevivir al calentamiento de la entrada en la atmósfera. La fricción eleva la temperatura del casco exterior, que se pone al rojo y bloquea la emisión y la recepción de ondas de radio durante unos diez minutos. Mientras está al rojo, la nave se ve en el cielo como una

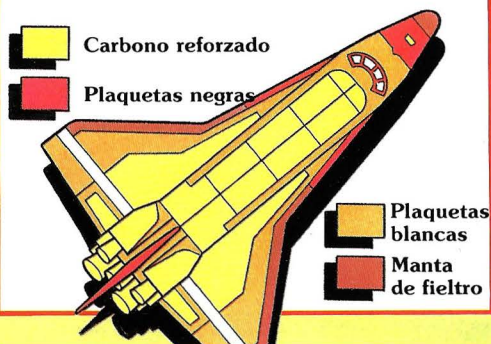


bola brillante. Conforme la resistencia del aire va frenando el vehículo, la temperatura va bajando, hasta que se restablecen las comunicaciones. Todas las naves tienen un ángulo de entrada especial que reduce el calentamiento al mínimo.

Escudos térmicos

Las naves que vuelven a la Tierra llevan por fuera un escudo térmico protector. Las cápsulas Soyuz, de la URSS, y Apollo, de EE.UU., sólo se usan una vez, y utilizan por ello un escudo que se quema lentamente al entrar en la atmósfera.

Los transbordadores se usan muchas veces, y llevan en el morro y en los bordes de las alas, las zonas más calientes, unas protecciones de carbono incombustible. La parte inferior del fuselaje, el borde de ataque del timón y los contornos de las ventanillas están forrados de plaquetas de cerámica negras. Otras zonas se recubren con plaquetas blancas, menos resistentes al calor. Las dos están fabricadas con fibras de sílice, y sólo se diferencian en la capa que las recubre.



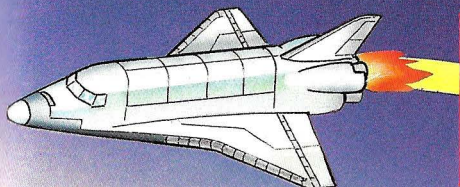
Descenso del Apollo

La cápsula de mando Apollo se utilizó para transportar tripulaciones entre la plataforma Skylab y la Tierra. En el momento de iniciar el viaje de vuelta, los motores se encienden para frenarla y colocarla en el ángulo correcto. La nave cae frenada sólo por el aire hasta que a los 7.620 m se abren unos paracaídas pequeños. A 4.572 m se abren los tres principales, que la depositan suavemente en el mar, donde es recogida por un barco. El módulo Soyuz baja de forma parecida, pero por lo general cae a tierra; para reducir la fuerza del impacto, se

Descenso de un transbordador

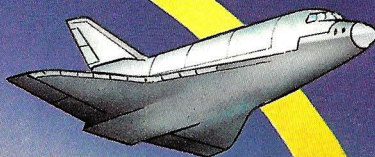
Desde la órbita hasta el punto de aterrizaje, el transbordador recorre 8.000 km, la mitad de la vuelta al mundo. El descenso se realiza automáticamente, pero siempre bajo la

supervisión del piloto. El vuelo atmosférico está controlado por un piloto automático como el de un avión normal. Los ordenadores verifican la ruta de vuelo y accionan los mandos.



- 1 Una hora antes de tomar tierra, la nave gira de modo que la cola mire hacia adelante y se encienden los cohetes durante dos minutos para reducir la velocidad. Cuando comienza a caer, la nave vira de nuevo hacia adelante.

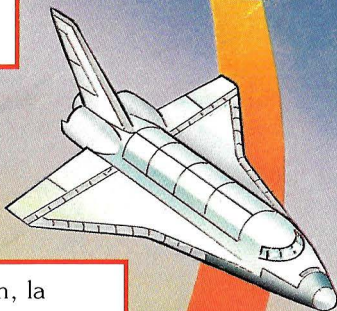
2. El transbordador entra en la atmósfera a 28.000 kph y a una altura de 120 km. Sufre un bloqueo de radio de 13 minutos.



3. La temperatura máxima, unos 1.540°C , se alcanza a 70 km de altura.



4. El timón y los alerones empiezan a guiar el aparato, ya que sin el impulso de los cohetes se convierte en un planeador muy grande y muy rápido.



encienden unos retrocohetes justo antes del aterrizaje. Durante el descenso, los tripulantes se ven sometidos a una fuerza de deceleración llamada *g* que los aplasta contra los asientos y los hace sentirse muy pesados.

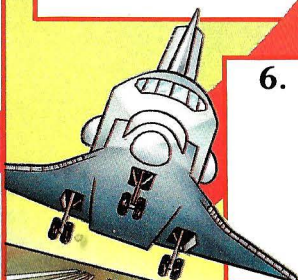
Amaraje del Apollo



5. A 600 m, la nave se orienta hacia la pista. a 76 m se abre automáticamente el tren de aterrizaje.



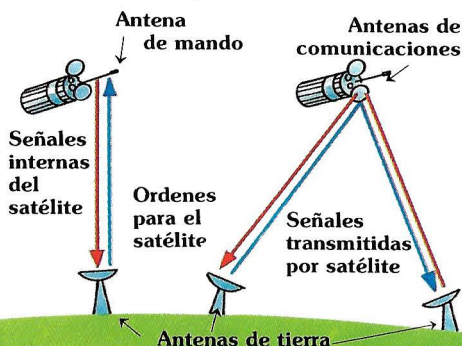
6. Las ruedas bajan 11 segundos antes de tocar tierra a una velocidad de 350 kph, el doble que en un avión normal.



El contacto con tierra

Todas las naves espaciales necesitan estar en contacto con tierra. Las comunicaciones se transmiten por medio de antenas emisoras y receptoras.

Las señales relativas al funcionamiento interno y la posición de los ingenios no tripulados se envían a la Tierra por medio de la antena de mando, que también recibe las órdenes de corrección (consulta la pág. 41).



Los satélites de comunicaciones tienen también otras antenas para recibir y emitir señales de radio y televisión, bien primero en un sentido y luego en el otro, bien en los dos a la vez, según su construcción.

Estaciones de seguimiento

Se llaman así las instalaciones terrestres encargadas de intercambiar señales con los satélites. Disponen de grandes antenas e instrumentos de elaboración de las señales. Las señales pueden también detectarse con antenas domésticas pequeñas, como la del dibujo. Para recibir las señales de un satélite hay que tenerlo directamente a la vista. La antena señala siempre en la misma dirección si gira en la órbita geoestacionaria, pero tiene que moverse automáticamente para seguir a los que ocupan otras diferentes.



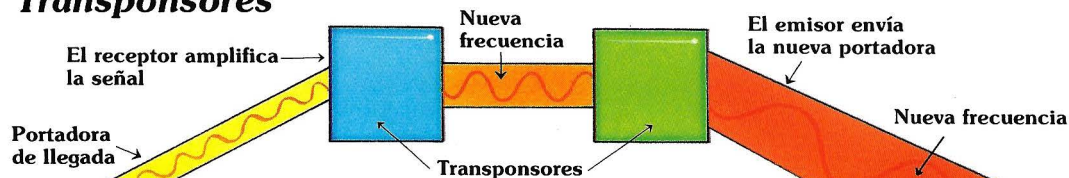
Microondas

El intercambio de información con los satélites se hace por medio de microondas, que son haces de radio estrechos que se ensanchan conforme avanzan, como el haz de una linterna. Los satélites envían señales de microondas a diferentes frecuencias dentro de ciertos límites.

Los haces se llaman portadoras, porque llevan información, a veces en forma digital, es decir, codificada con 1 y 0, que una vez en la Tierra se convierten a una forma comprensible. Una sola portadora basta para difundir millares de comunicaciones telefónicas. Un canal de televisión, que por lo general se envía en forma de señal eléctrica continua (analógica), ocupa tanto espacio de frecuencia como varios miles de llamadas.



Transpondedores



Los satélites de telecomunicaciones disponen de varios transpondedores, que son dispositivos a la vez emisores y receptores. El receptor capta, amplifica y cambia la frecuencia de la débil señal

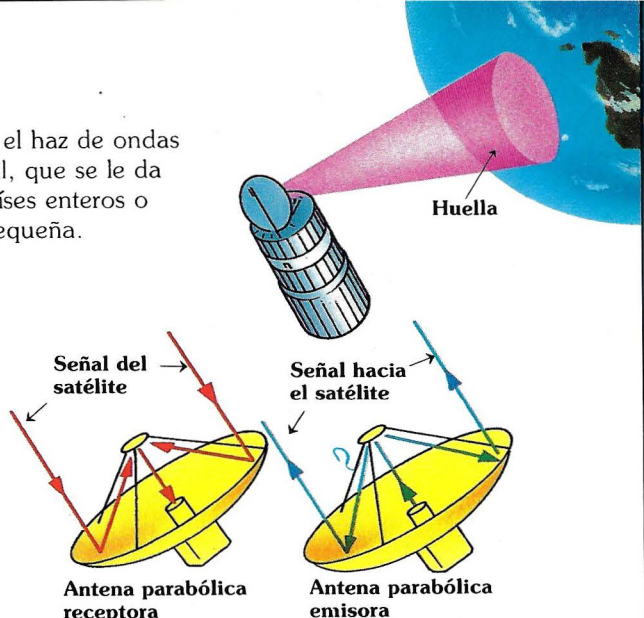
portadora procedente de la Tierra, y transfiere el resultado a otra portadora de distinta frecuencia, que es de nuevo amplificada y enviada a la Tierra mediante una antena.

Huella

Se llama así la parte de la Tierra cubierta por el haz de ondas de un satélite. Puede tener una forma artificial, que se le da adaptando accesorios a las antenas, cubrir países enteros o concentrarse en un área de recepción muy pequeña.

Antenas

Casi todas las antenas terrestres son parabólicas, en forma de plato (derecha). Captan la señal de la portadora y la concentran por reflexión en un detector central o foco. La emisión se hace al revés (las pequeñas antenas domésticas no pueden emitir). El tamaño del disco oscila entre un par de metros escasos que miden las antenas domésticas y el de un edificio grande que tienen las instaladas en las estaciones de seguimiento.



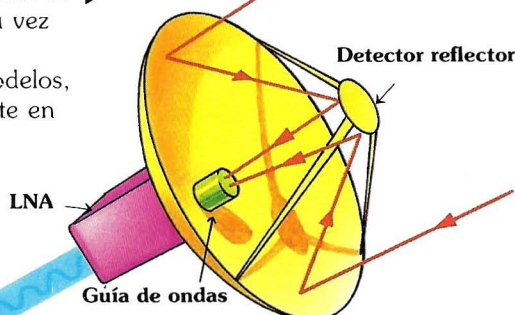
Recepción con una antena de televisión

Las señales de la portadora son muy débiles cuando llegan a la Tierra, y una vez captadas por la antena han de amplificarse varias veces. Como su frecuencia es mucho

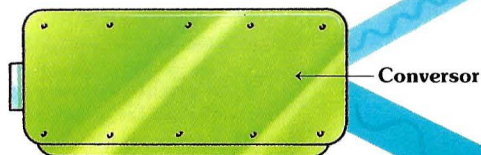
más alta que la de las señales normales de radio y televisión, es necesario también reducirla. Este recuadro recoge su funcionamiento.

1 Las señales suelen reflejarse en un detector central que a su vez las refleja hacia los circuitos electrónicos. En algunos modelos, éstos se instalan directamente en el punto focal.

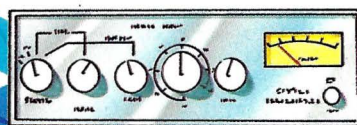
2 Un dispositivo llamado guía de ondas recoge las señales reflejadas y las envía a un amplificador de bajo ruido (LNA).



3 Dentro del LNA, la señal se amplifica unas cien mil veces. A continuación se amplifica de nuevo en un conversor, que también reduce la frecuencia.



4 La señal se envía por cable al sintonizador, que sirve para seleccionar la información de la portadora (un canal de televisión, por ejemplo).



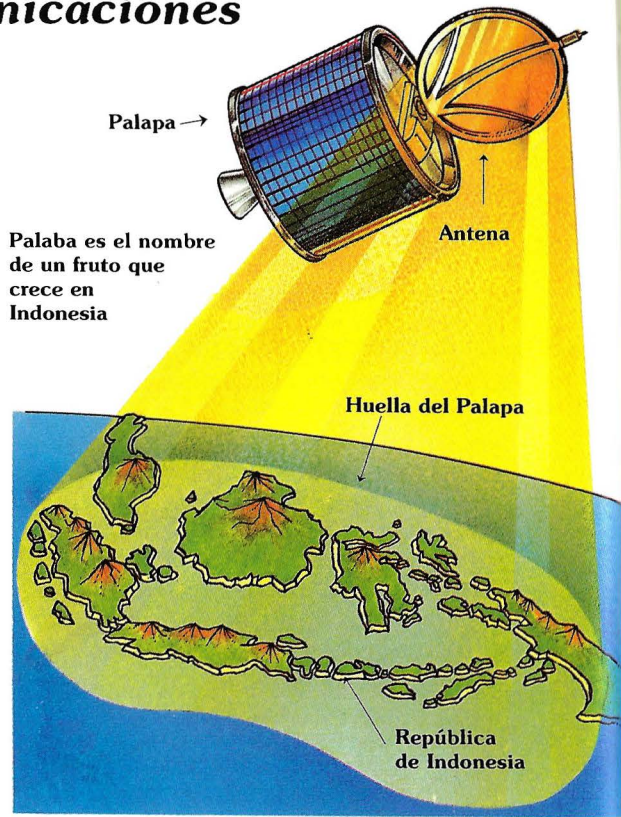
5 Dentro del sintonizador la señal sufre un nuevo paso de amplificación y reducción de frecuencia y se envía a continuación al televisor.



Los satélites de comunicaciones

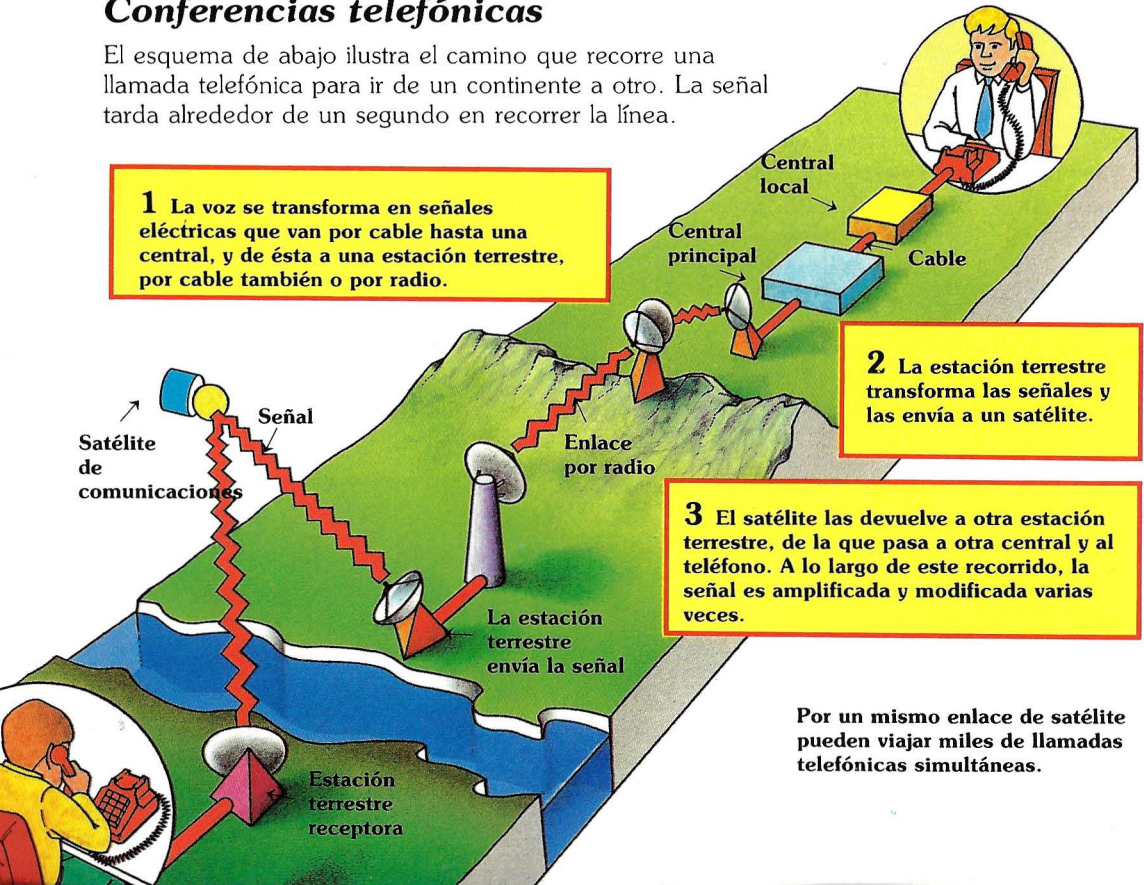
Los satélites de comunicaciones difunden toda clase de mensajes y ponen en comunicación regiones muy alejadas unas de otras o casi inaccesibles, muy difíciles de enlazar por medio de cables.

Muchos de ellos recorren la órbita geostacionaria y permanecen fijos sobre un punto del globo. Gracias a ellos es posible retransmitir a todo el mundo y en directo los juegos olímpicos y otros acontecimientos similares. Sirven también de enlace directo y barato entre las redes telefónicas de los diversos países. Muchas informaciones financieras se transmiten casi instantáneamente de un punto a otro a través de satélites, con frecuencia en forma de datos de ordenador o reproducciones de documentos. También sirven los satélites para llevar programas educativos a regiones aisladas. En Indonesia, por ejemplo, un país formado por multitud de islas, se usa el satélite llamado Palapa para poner en comunicación a todos los habitantes con un profesor que enseña desde una emisora central.



Conferencias telefónicas

El esquema de abajo ilustra el camino que recorre una llamada telefónica para ir de un continente a otro. La señal tarda alrededor de un segundo en recorrer la línea.

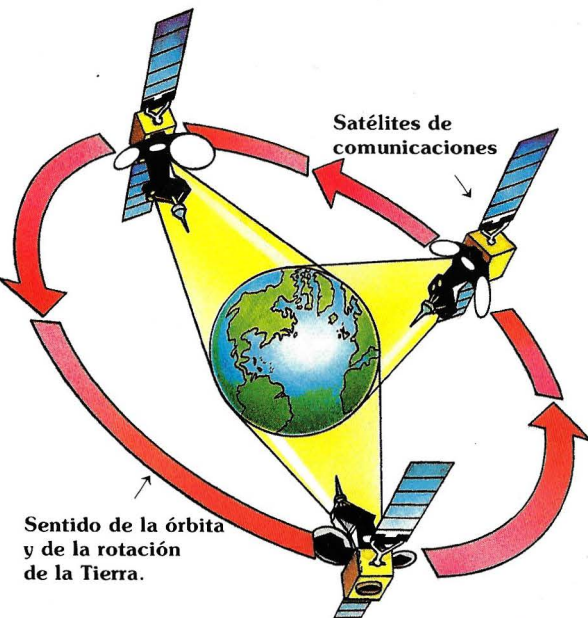


Por un mismo enlace de satélite pueden viajar miles de llamadas telefónicas simultáneas.

Intelsat

Se llama así a un sistema de satélites estacionados en la órbita geoestacionaria que son propiedad de varios países, que se comunican con ellos desde estaciones terrestres. Como se ve a la derecha, tres satélites de la red Intelsat cubren casi todo el planeta

Los satélites rusos de la serie Molniya forman una red parecida, aunque siguen la órbita excéntrica alta ilustrada en la página 11. La órbita está ocupada por tres aparatos, de modo que cuando uno se oculta bajo el horizonte, aparece otro por el lado opuesto. Las antenas terrestres encargadas de comunicar con los satélites se mueven para seguirlos en su recorrido.



Satélites nacionales

Las imágenes de televisión suelen enviarse de un país a otro por satélite. Las señales de éste se recogen en una emisora central que las distribuye por la red normal hasta los receptores. Los países muy extensos utilizan también

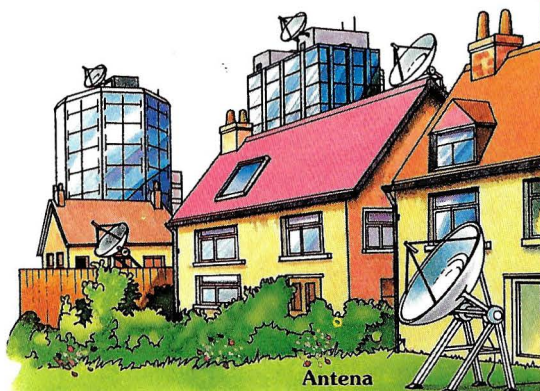
satélites propios para difundir los programas de cobertura nacional hasta los puntos más aislados del territorio. Las señales se recogen por medio de repetidores locales, que las emiten hacia los receptores por antena o por cable.

Satélites de difusión directa (DBS)

Las señales de los satélites pueden captarse directamente con una antena parabólica pequeña instalada en la azotea de una casa o en el jardín, siempre que la zona quede dentro de la huella. Esta técnica se llama difusión directa, y permite cubrir territorios muy extensos sin necesidad de una red muy costosa de estaciones terrestres. Las antenas han de orientarse hacia el punto del ecuador en

que se encuentra el satélite.

Hay países en que la instalación de una antena de recepción de satélites es libre, mientras que en otros hace falta para ello una licencia. En el futuro la situación cambiará mucho, porque se crearán nuevos servicios difundidos por medio de sistemas DBS especiales que enviarán señales de potencia suficiente para ser captadas con antenas pequeñas.



Señales a través del espacio

Hay planes en marcha para enlazar los satélites directamente unos con otros. El satélite TDRS enlaza ahora el transbordador espacial con el centro de control de EE.UU. cuando aquél se encuentra al otro lado del globo. A veces enlaza también el satélite de recursos Landsat con la Tierra. En el futuro, la comunicación entre satélites se hará por medio de haces de láser.

Imágenes de la Tierra

Estas páginas y las dos siguientes tratan sobre los satélites no tripulados encargados de observar la superficie y la atmósfera de la Tierra. Los datos que recogen los envían a estaciones de seguimiento, donde los ordenadores los convierten en imágenes o en información de otra clase. Las imágenes se captan electrónicamente, no por medio de fotografías.

El clima

Los satélites meteorológicos (metsats) recogen imágenes de las nubes y miden la temperatura y la humedad, lo que ayuda a los científicos a predecir el tiempo. También captan y difunden datos procedentes de barcos y otras estaciones meteorológicas aisladas.

Recursos terrestres

Los satélites de recursos terrestres observan rápida y repetidamente amplias regiones del globo y toman imágenes que recogen numerosos aspectos del paisaje. En la página de al lado verás algunas de las informaciones que recogen estos satélites.

Órbitas de observación

Una red de cinco metsats colocados en órbita geoestacionaria observan en todo momento el clima de la Tierra. Cada uno de ellos capta aproximadamente un cuarto del globo.

Otros metsats y casi todos los satélites de recursos giran en órbitas polares bajas, desde las que cubren la Tierra completa cada cierto número de revoluciones. El Landsat, por ejemplo, de 14 vueltas diarias al globo, y lo recorre entero, cada 18 días (251 órbitas). La órbita forma un ángulo de 10° con la órbita polar verdadera, con el fin de estar siempre alineada con el Sol y sobrevolar terrenos iluminados. Todas las imágenes se captan siempre a la misma hora del día. Esa órbita se llama heliosincrónica.

La figura recoge la disposición de las distintas órbitas.

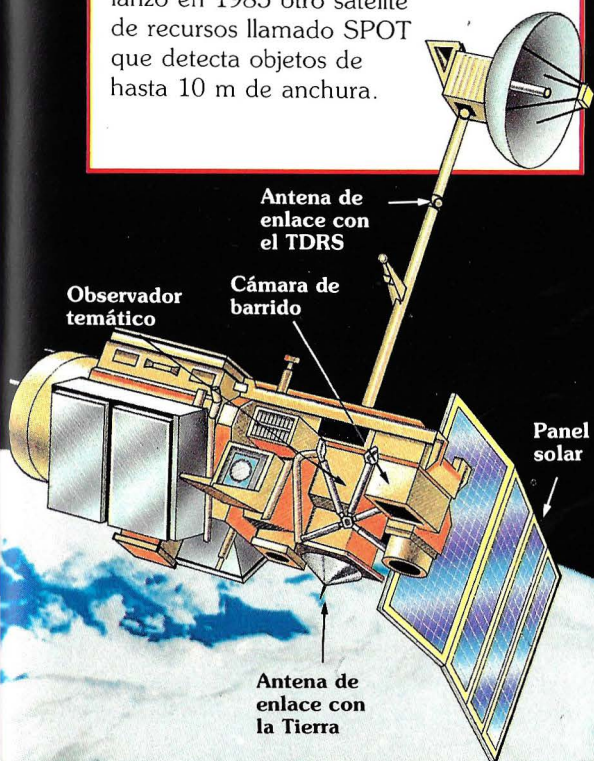


Imagen de un metsat

La imagen grande de la Tierra está reconstruida a partir de los datos enviados por el Meteosat, uno de los cinco satélites meteorológicos que giran en torno al globo. Cada uno de ellos envía una imagen cada 30 minutos, que puede captarse desde tierra con una antena adecuada. En la página 33 hay una imagen del Landsat.

Landsat

Esta figura ilustra un satélite de recursos Landsat. Lleva dos instrumentos de detección. Uno es la cámara de barrido multispectral, que registra cualquier detalle de la superficie de la Tierra de más de 80 m de anchura. El otro es un observador temático, que detecta todo lo que tenga más de 30 m. La información se transmite directamente a las estaciones de seguimiento o se envía a la Tierra por medio del satélite de comunicaciones TDRS. Francia lanzó en 1985 otro satélite de recursos llamado SPOT que detecta objetos de hasta 10 m de anchura.



Datos de recursos

- * Con ayuda de las imágenes se corrigen los mapas y se planifican los trayectos de carreteras y vías férreas.
- * Los productos cultivados se reproducen en colores diferentes, lo que permite hacer estimaciones del rendimiento para cada país. También se identifican así las plantaciones enfermas. Las mediciones de humedad ayudan a organizar la siembra y a detectar posibles focos de cría de langostas y otros insectos dañinos.
- * Las imágenes ayudan a planificar la conservación de los bosques y a detectar incendios y árboles atacados por enfermedades.
- * Las mediciones de temperatura del agua y las imágenes del mar ayudan a los pescadores a localizar bancos de peces. Las imágenes de las corrientes marinas se usan para planificar las rutas de navegación.
- * Los expertos localizan fallas y otros fenómenos geológicos, yacimientos minerales y reservas de agua y de petróleo. También se deduce del estudio de las imágenes el grosor de las capas de nieve y la velocidad de fusión, lo que facilita la previsión de inundaciones y la planificación del riego.
- * Las imágenes recogen las fugas de petróleo y la contaminación atmosférica.
- * Los satélites captan las grandes colonias que forman las focas, los pingüinos, etc. y siguen las rutas migratorias de animales grandes en los que se insertan pequeños transmisores de radio que revelan sus movimientos.

Más sobre las imágenes de la Tierra

Todos los objetos emiten y reflejan radiaciones, que pueden medir los sensores remotos instalados en los satélites. Las cámaras fotográficas corrientes captan la radiación luminosa visible a través de un objetivo y la registran en una película. Los instrumentos de los satélites captan la radiación en forma de señales eléctricas que envían a la Tierra. Usan para ello cámaras

de televisión que detectan la luz visible y radiómetros, sensibles a radiaciones de otra naturaleza. Con los datos de los radiómetros se elaboran las imágenes de ordenador, como la que se reproduce en la página de al lado. Los colores son falsos, porque las imágenes son reconstrucciones sintéticas obtenidas por combinación con arreglo a un programa de las señales electrónicas.



La luz visible no es sino una parte pequeña de una gama de radiaciones muy amplia llamada espectro electromagnético. Los radiómetros captan y miden esas radiaciones. La figura de arriba representa el espectro completo (no está a escala).

Las radiaciones se desplazan en forma de ondas invisibles, y cada una de ellas se

identifica por la longitud de su onda. Los radiómetros miden longitudes de onda aisladas o grupos de ellas llamados bandas. Casi todos disponen de varios detectores para medir varias bandas a la vez. En el caso de los satélites meteorológicos y de recursos, esas bandas suelen pertenecer a la región del infrarrojo.

Signaturas

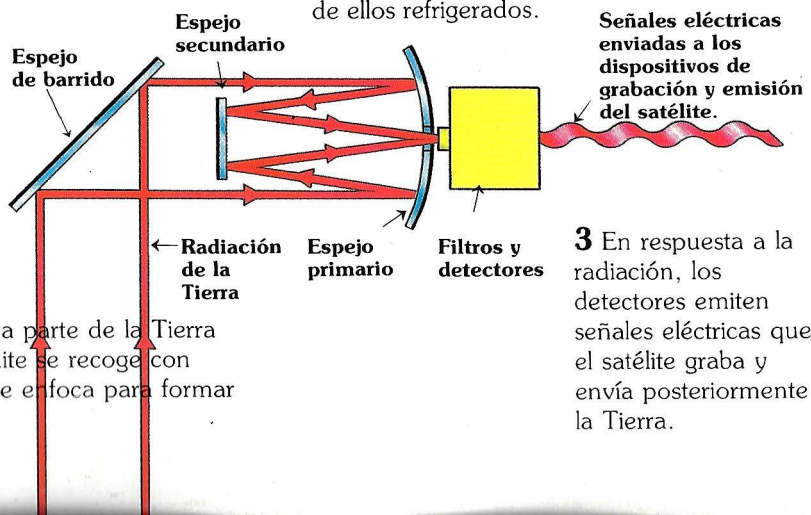
Todos los objetos emiten radiaciones y reflejan parte de las que reciben de otras fuentes. Las pautas de emisión y reflexión dependen de la naturaleza de cada uno. El conjunto de todas las radiaciones emitidas por un objeto o un material se llama su *signatura*, y lo identifica como una huella

digital. Así, cada planta refleja una parte peculiar de la banda del infrarrojo, lo que permite identificar las especies en las imágenes obtenidas por los satélites. El calor es una forma de radiación infrarroja; midiendo ésta determinan los satélites la temperatura.

Funcionamiento de un radiómetro

Un radiómetro tiene muchos detectores, cada uno de ellos provisto de un filtro que bloquea todas las radiaciones menos las que mide.

1 La radiación de la parte de la Tierra situada bajo el satélite se recoge con espejos y lentes y se enfoca para formar una imagen.

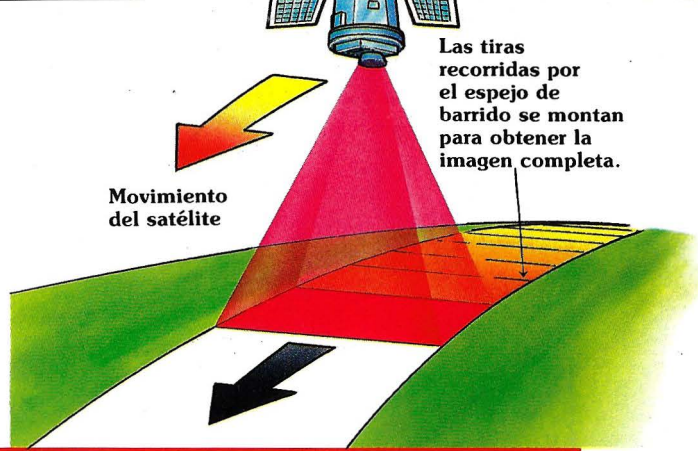


2 La radiación de la imagen enfocada se mide con una serie de detectores, algunos de ellos refrigerados.

3 En respuesta a la radiación, los detectores emiten señales eléctricas que el satélite graba y envía posteriormente a la Tierra.

Barrido del radiómetro

Los satélites recorren la superficie terrestre y describen sobre ella varias bandas que, una vez unidas, forman una imagen completa. Los situados en órbitas polares disponen de un espejo de barrido que oscila para enviar al radiómetro la radiación procedente de los distintos puntos de la banda de terreno que sobrevuela el satélite.



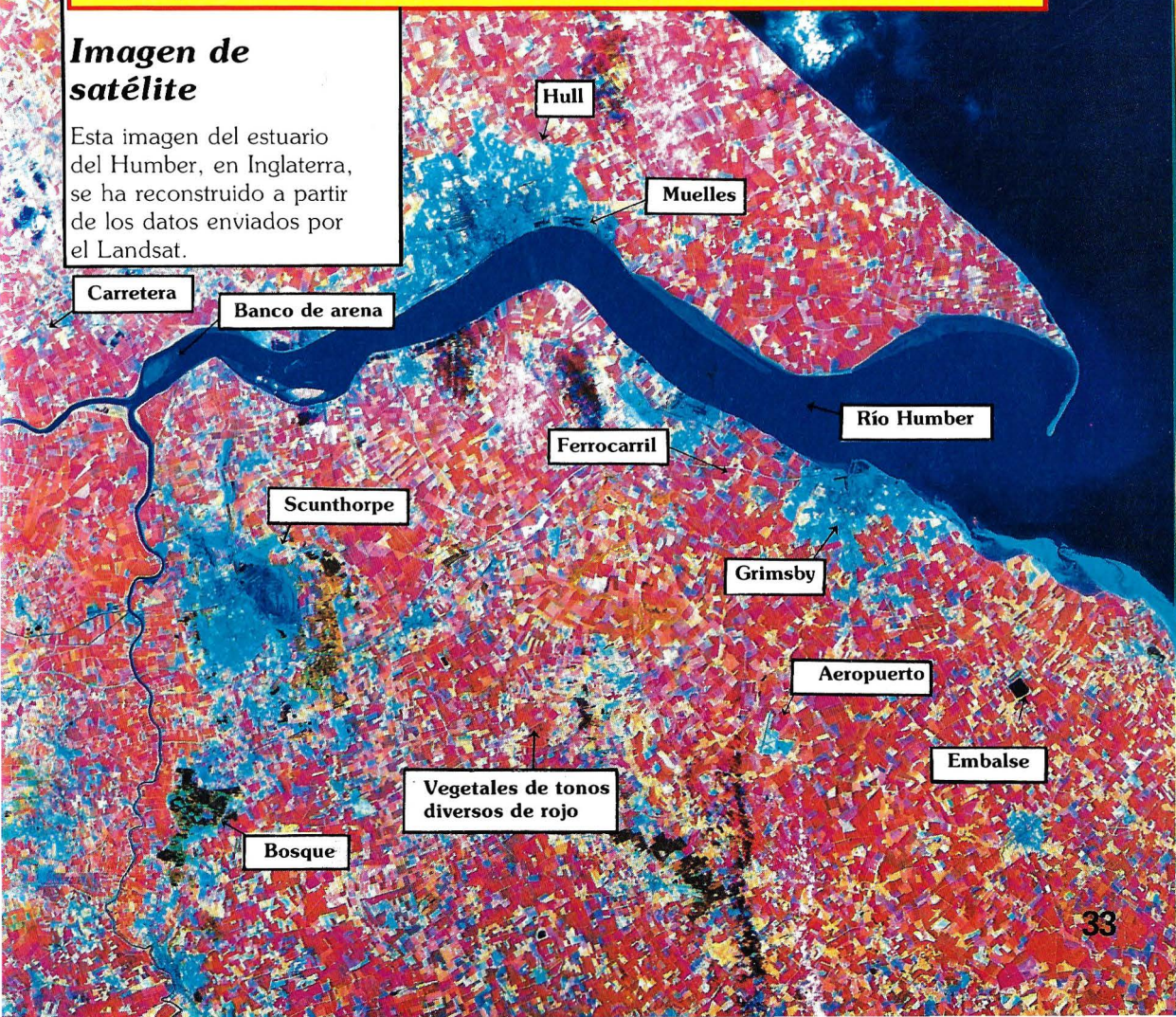
Tratamiento con ordenador

Las señales del radiómetro que se reciben en la Tierra se introducen en un ordenador para transformarlas en imágenes. Estas se realzan adjudicando un contraste o un color distintos a cada banda de radiación, según el efecto que se persiga.

Los colores, falsos, son muy útiles para detectar algunos detalles, como las manchas de petróleo en el mar, que apenas destacan de otra forma. Se obtienen imágenes muy detalladas combinando las obtenidas a partir de distintas bandas de radiación.

Imagen de satélite

Esta imagen del estuario del Humber, en Inglaterra, se ha reconstruido a partir de los datos enviados por el Landsat.



Satélites científicos

Los satélites científicos están equipados con instrumentos para estudiar la Tierra, el sistema solar o las regiones más lejanas del espacio. Funcionan como observatorios situados por encima de la atmósfera, una masa de aire en movimiento, nubes y polvo que dificulta la visión. La luz emitida por las estrellas y las galaxias no llega con claridad a los telescopios terrestres, pero sí a los satélites, que envían las imágenes a la Tierra.

Algunos objetos del cosmos están tan alejados que, aunque emiten luz visible, resultan imposibles de detectar. Pero emiten otras formas de radiación, que alcanzan especial intensidad cuando explota una estrella u ocurre algún otro cataclismo. Esas fuentes de radiación sólo pueden detectarse con telescopios espaciales controlados desde la Tierra.

Estudio del Sol

El Sol es la estrella más cercana a la Tierra, y permite hacerse una idea del funcionamiento de las demás. Los científicos se interesan también por el efecto que ejerce el Sol sobre el espacio que rodea la Tierra. Las explosiones de gas que se producen en la superficie del Sol, llamadas protuberancias solares, afectan al clima de la Tierra y a la difusión de las ondas de radio.

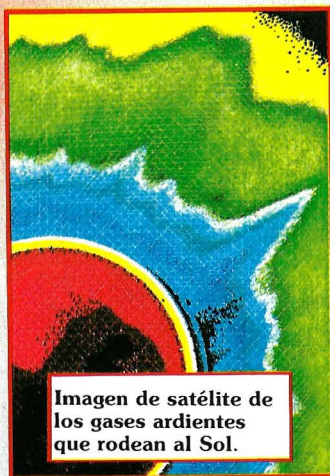
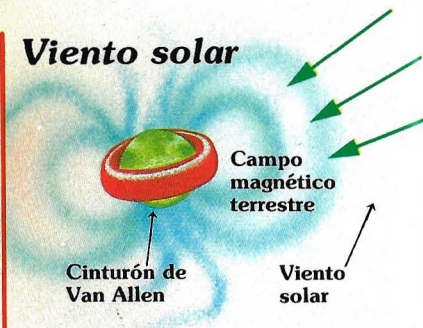


Imagen de satélite de los gases ardientes que rodean al Sol.

El espacio próximo a la Tierra

Los primeros satélites observaron las partículas de polvo que rodean a la Tierra para comprobar si constituían un peligro para las misiones tripuladas. Ahora estudian la capa de ozono de la atmósfera, que impide la llegada a la superficie de la Tierra de los rayos ultravioletas dañinos. La contaminación puede deteriorar esa capa protectora.

Viento solar



El Sol envía al espacio una corriente continua de partículas atómicas llamada viento solar. El campo magnético terrestre atrapa algunas de ellas, que forman los cinturones de radiación llamados de Van Allen, descubiertos por un satélite. Otros satélites han revelado que el viento solar comunica al campo magnético terrestre su forma.

Telescopio espacial

Este telescopio será puesto en órbita durante 1986 por un transbordador, con ayuda del brazo RMS. Los dos paneles se abrirán automáticamente, y el instrumento girará en torno a la Tierra en una órbita situada a 600 km de altura. Se mantendrá en servicio durante veinte años. Los astronautas de los transbordadores o de estaciones permanentes lo visitarán cada dos y medio para revisarlo, y lo traerán a la Tierra cada cinco para someterlo a una revisión más detallada. Aunque hay telescopios terrestres más potentes, este verá objetos 50 veces más débiles o 7 veces más alejados.

Descubrimientos en el espacio

La observación del espacio permite hacerse una idea de la evolución del universo. Algunas de las radiaciones que detectan los satélites han tardado mucho tiempo en llegar a la Tierra, y proceden de explosiones de estrellas ocurridas hace billones de años, durante la formación del universo. Los

satélites han detectado también fuentes de rayos X que podrían señalar agujeros negros, objetos o zonas del espacio con una fuerza de gravedad tan enorme que nada escapa de ellos, ni siquiera la luz. Se cree que se forman cuando una estrella se colapsa; el agujero aspira los gases de

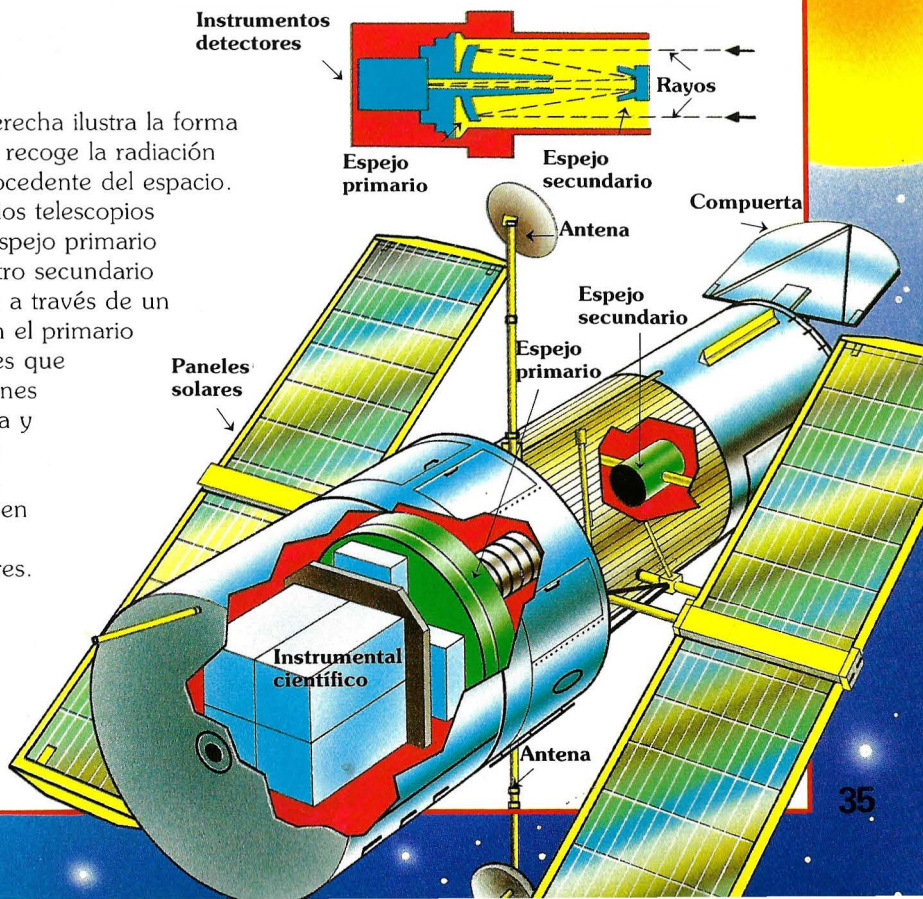
las estrellas próximas, que emiten los rayos X. Los satélites han descubierto también un anillo de material en torno a una estrella próxima llamada Vega; de confirmarse las hipótesis actuales, sería la primera prueba de la existencia de planetas fuera de nuestro sistema solar.



Así funciona

El esquema de la derecha ilustra la forma en que el telescopio recoge la radiación electromagnética procedente del espacio. Funciona igual que los telescopios terrestres: un gran espejo primario refleja la luz hacia otro secundario menor, que la envía a través de un orificio practicado en el primario hacia unos detectores que registran las radiaciones ultravioleta, infrarroja y visible. Los datos se envían a la Tierra, donde se reconstruyen las imágenes con ayuda de ordenadores.

El telescopio es tan exacto, que podría enfocar desde Cuenca una moneda pequeña colocada en Huelva, a 700 km de distancia.



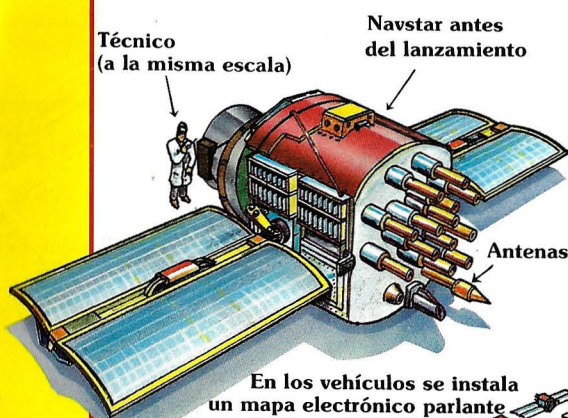
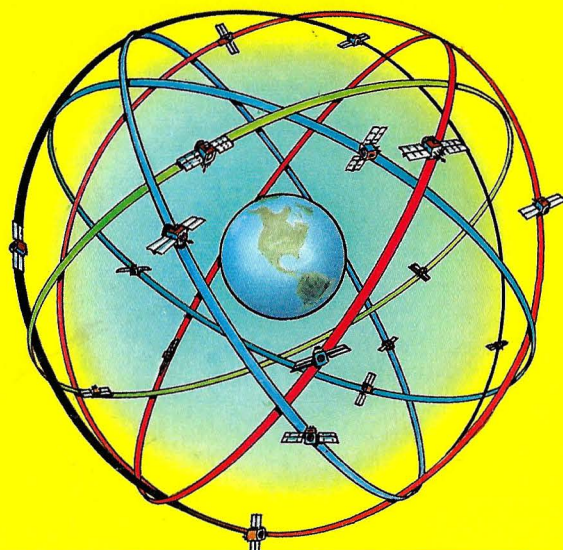
Satélites de navegación

Durante siglos, los navegantes han determinado su posición y su rumbo observando las estrellas más brillantes. Los satélites de navegación actúan como estrellas artificiales que envían señales de radio con indicaciones sobre la posición y la hora correctas. Para calcular la posición en cualquier punto de la Tierra no hay más que captar las señales de cuatro satélites. La Unión Soviética, EE.UU. y Europa están probando nuevos sistemas de navegación capaces de enviar a los barcos y aviones información continua y extraordinariamente exacta.

Navstar

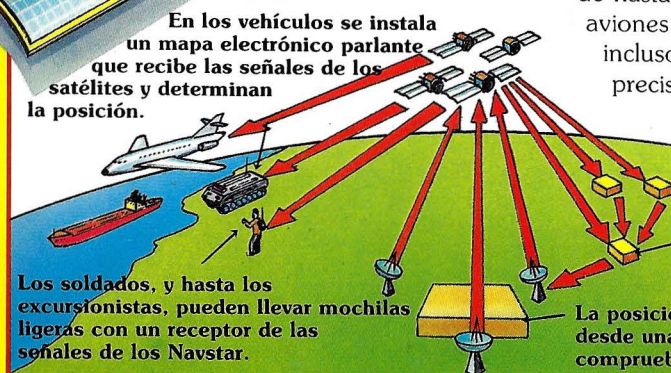
EE.UU. está instalando y probando un sistema global de determinación de la posición (GPS) que cubrirá todo el mundo con 18 satélites Navstar. Estos se colocarán en órbitas circulares a 20.000 km de altura, en parte para protegerlos de ataques enemigos. Como han de servir también para guiar tropas y misiles, están protegidos frente a la intervención de sus circuitos electrónicos.

La figura de la derecha ilustra la seis órbitas ocupadas por los satélites Navstar. Cada uno tarda 12 horas en dar la vuelta a la Tierra. En cualquier momento y desde cualquier punto de la Tierra se ven cuatro.



Así funcionan los Navstar

La imagen de la izquierda ilustra un Navstar. Es un satélite muy grande y muy complicado, con más de 33.000 piezas. Cada uno lleva tres relojes atómicos de una precisión de 1 segundo en 30.000 años. Transmiten continuamente señales sobre su posición en órbita y la hora. Los usuarios de la Tierra utilizan un receptor que capta las señales de cuatro satélites y calcula a partir de ellas la posición con una precisión de hasta 16 m. En el caso de los aviones, calcula también la altura, e incluso la velocidad, con una precisión de hasta 0,1 m/s.



Los Navstar se controlan desde estaciones terrestres que comprueban si están en la órbita correcta.

La posición de los satélites se corrige desde una estación terrestre, que también comprueba los relojes atómicos.

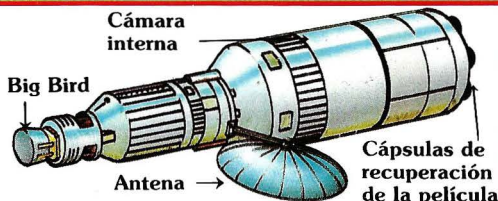
Satélites militares

Muchos satélites civiles tienen también aplicaciones militares. Los de comunicaciones se usan para poner en contacto las tropas con sus bases y para captar las señales enviadas por agentes secretos o por dispositivos automáticos de espionaje; estos mensajes se alteran de modo que sólo son comprensibles para algunos receptores. Los satélites militares se usan para predecir el tiempo al organizar maniobras militares y para averiguar si las regiones cubiertas por satélites de espionaje están despejadas y, por tanto, son fotografiables. Casi todo lo referente a los satélites militares es secreto, y muchos de uso civil están equipados secretamente con accesorios bélicos.

Espionaje fotográfico



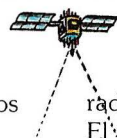
Los satélites se usan para espiar sin peligro las actividades de otros países. Algunos utilizan película fotográfica en lugar de imágenes de televisión, porque así se consigue mucho más detalle. La película vuelve a la Tierra protegida del calor y se recoge durante su caída con un



avión. Disponen también de sensores infrarrojos que transmiten imágenes en forma digital. El satélite ilustrado arriba se llama Big Bird, y es capaz de fotografiar personas desde una altura de más de 160 km. Está provisto de cápsulas de recuperación.

Satélites radar

Estos satélites observan buques y otros blancos móviles. Algunos están alimentados por un reactor nuclear (consulta la página 38) que produce electricidad suficiente para accionar un radar muy potente. Una vez cumplida su misión, recibe desde tierra una señal de



radio que lo obliga a dividirse en piezas. El reactor nuclear tiene un cohete que lo lleva a una órbita muy alta, en la que se mantiene durante al menos 600 años.

Otros satélites espías disponen de receptores de radio para escuchar comunicaciones y señales de radar.



Armas láser

Los satélites destructores estallan cerca de otros para aniquilarlos. Se estudia la construcción de modelos provistos de emisores de láser —un haz luminoso potente muy concentrado— para destruir satélites y misiles. Estos pueden ser también aniquilados con cohetes lanzados desde aviones que detectan la radiación infrarroja. Empieza a investigarse la forma de construir satélites «oscuros», que emiten muy poca luz y muy poco calor y son difíciles de detectar.

Alerta rápida

Los satélites de alerta rápida disponen de sensores de infrarrojos que detectan los gases ardientes de los cohetes de los misiles nucleares, al tiempo que transmiten fotografías de éstos como prueba adicional. Detectan la radiación pocos segundos después del lanzamiento.

Alimentación de los satélites

Todos los dispositivos instalados a bordo de los satélites y las estaciones espaciales funcionan con electricidad, que debe generarse en la propia nave.

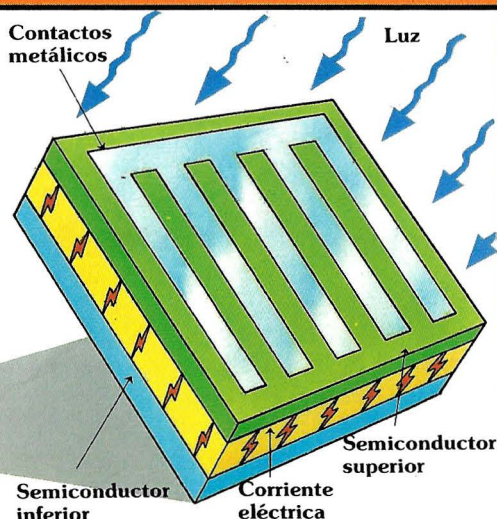
Casi todos los satélites disponen de paneles solares que transforman la radiación

del Sol en energía eléctrica. Algunos llevan combustibles químicos o nucleares que se transforman en electricidad. La energía producida se almacena en baterías que la entregan a los distintos aparatos cuando la necesitan.

Funcionamiento de las células solares

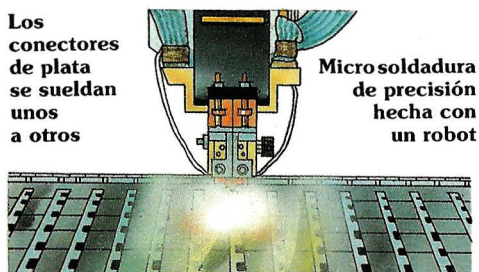
Casi todos los satélites y estaciones espaciales situados en órbitas terrestres utilizan células solares o fotovoltaicas. Están hechas de silicio al que se incorporan impurezas para modificar sus propiedades eléctricas y convertirlo en semiconductor.

El silicio se dispone en dos capas, cada una tratada con una impureza distinta. Cuando la luz incide sobre la superior, se produce entre ella y la inferior una corriente eléctrica que se conduce a la batería por medio de unos contactos de metal.

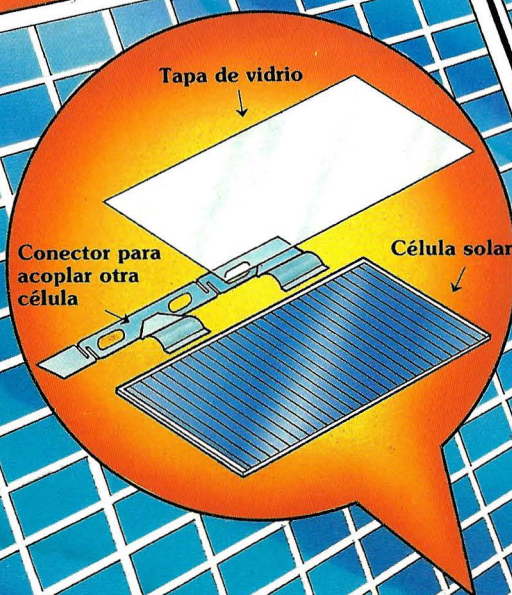


Paneles solares

Una sola célula produce muy poca electricidad, por lo que se sueldan varios centenares con ayuda de un robot de precisión para formar una lámina grande o panel solar.



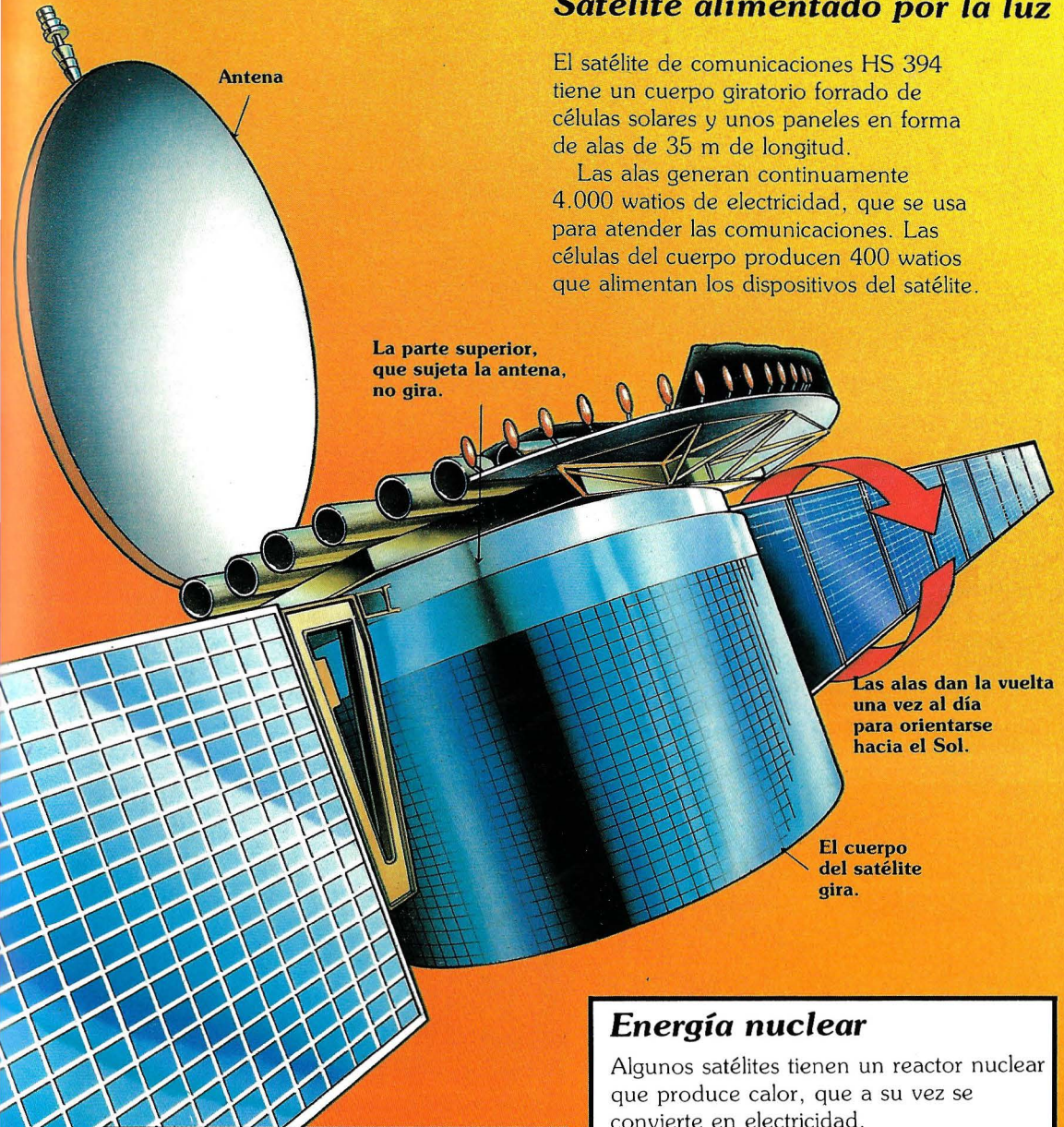
Las láminas se instalan en torno al cuerpo redondo del satélite o en unas alas laterales. Como el cuerpo gira, parte de las células quedan a la sombra, lo que obliga a utilizar muchas para disponer de electricidad suficiente.



Satélite alimentado por la luz

El satélite de comunicaciones HS 394 tiene un cuerpo giratorio forrado de células solares y unos paneles en forma de alas de 35 m de longitud.

Las alas generan continuamente 4.000 vatios de electricidad, que se usa para atender las comunicaciones. Las células del cuerpo producen 400 vatios que alimentan los dispositivos del satélite.



Células de combustible

Las células de combustible transforman energía química en electricidad por medio de reacciones que liberan cargas eléctricas. En los transbordadores se usan células de hidrógeno y oxígeno, que al combinarse producen agua y electricidad.

Los combustibles químicos se agotan en seguida, y por eso no pueden usarse en satélites pensados para funcionar durante muchos años.

Energía nuclear

Algunos satélites tienen un reactor nuclear que produce calor, que a su vez se convierte en electricidad.

El inconveniente de este sistema es que, aunque el satélite se coloque en una órbita muy alta, siempre existe el peligro de que caiga a la Tierra. En 1982, parte de un satélite nuclear ruso se estrelló en una región aislada de Canadá, afortunadamente sin causar daños.

Por eso, en torno a la Tierra hay pocos satélites nucleares. Sí se alimentan con energía nuclear las sondas espaciales que viajan hacia el exterior del sistema solar.

Construcción de satélites

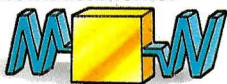
Los satélites se construyen de manera que* funcionen sin averías durante toda su vida de trabajo, que puede ser de hasta diez años. Ahora, los tripulantes de los transbordadores pueden arreglar algunos de los situados en órbitas bajas si a pesar de todo se estropean. Las piezas tienen que soportar la aceleración y las vibraciones del lanzamiento. Una vez en órbita, algunas han de ser protegidas del polvo espacial y

de la radiación solar, que provoca sobrecalentamiento.

Los constructores de satélites tienen en cuenta todas esas cosas, y también el acoplamiento de unas partes con otras para que el satélite tenga el tamaño, el peso y el equilibrio adecuados para orientarse en la dirección necesaria y mantener la temperatura correcta que permita su funcionamiento sin fallos.

Forma y peso

Cuanto más ligero sea un satélite, incluyendo la carga de combustible, tanto más fácil será ponerlo en órbita. Para caber en el morro de un cohete o en la bodega de un transbordador tiene que ser plegable. En estos dibujos verás algunos sistemas de plegamiento; las piezas se abren automáticamente.



Los paneles solares se pliegan a los lados del satélite



...o se enrollan en torno a su cuerpo.

Dos capas de paneles solares encajadas una dentro de otra.

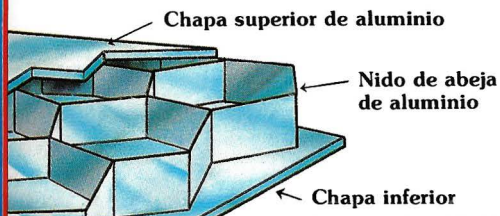


La parte inferior baja y se despliegan las antenas.



Materiales de construcción

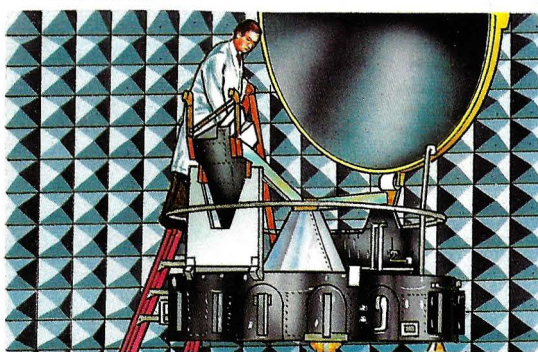
Los satélites se construyen con materiales ligeros y a la vez resistentes, para que soporten el esfuerzo del lanzamiento. Se usan con frecuencia la fibra de carbono y el aluminio. Este se fortalece dándole formas especiales, como el panel de nido de abeja (abajo), usado para sujetar las células solares. El titanio es un metal escaso, muy resistente a temperaturas elevadas, que se usa para construir tornillos muy fuertes.



Temperatura

La cara del satélite expuesta al Sol se calienta mucho, mientras que la expuesta a la sombra se queda helada. Para contrarrestar este fenómeno, se cubre la parte fría con una manta aislante y la caliente con espejos reflectores. Las baterías generan calor al funcionar, que se dispersa en el espacio con radiadores. Las pinturas y los distintos acabados superficiales absorben e irradian calor a distintas velocidades.

Pruebas



Todas las piezas de los satélites se comprueban en un medio espacial simulado, antes y después de su montaje. Se exponen al vacío, a las radiaciones, al calor, a las vibraciones, a la aceleración y a los golpes. Se construyen en unas «naves limpias» especiales, porque basta una partícula de polvo para que algunas piezas fallen.

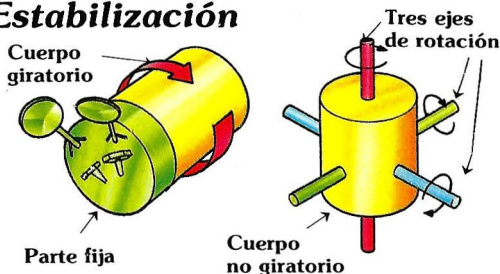
A veces se duplican los componentes críticos para que si uno falla otro ocupe su lugar. Los proyectos, que incluyen cálculos y dibujos muy complicados, se hacen con ayuda de ordenadores.

Orientación de los satélites

El viento solar y otras fuerzas pequeñas empujan los satélites fuera de sus órbitas. Las estaciones de seguimiento los observan y, con la ayuda de ordenadores, calculan las correcciones necesarias. Estas se envían al satélite por la antena de mando para conectar los motores de a bordo y llevarlo de nuevo a la órbita correcta.

Un sistema de control de postura mantiene el cuerpo y las antenas orientados en la dirección adecuada. Se sirve para ello de sensores que detectan los cambios de dirección y envían señales eléctricas de error; los circuitos de a bordo las interpretan y activan los mecanismos de cambio de postura.

Estabilización



Los satélites han de estabilizarse para que miren siempre en la dirección correcta. Una forma de conseguirlo es hacer que el cuerpo gire continuamente sobre su eje, porque así resiste mejor las fuerzas pequeñas; la parte superior, en la que van montadas las antenas, que deben estar orientadas a la Tierra, es fija.

Los satélites no giratorios emplean estabilizadores de tres ejes (triaxiales); cuando se descentran, giran en torno a uno de esos ejes hasta recuperar la posición correcta. Los satélites orientables, por lo general científicos, son parecidos, pero giran en torno a los ejes en respuesta a unas órdenes de control.

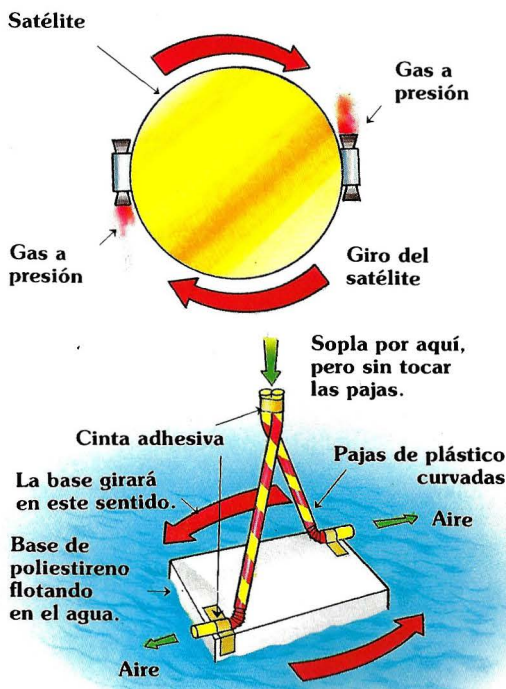
Sensores

Los satélites disponen de sensores para controlar su posición. Los ópticos son detectores de luz sobre los que unas lentes enfocan una imagen del Sol o de las estrellas; si el satélite se mueve, la imagen se desplaza y los detectores responden.

Otro tipo de sensor es el giróscopo, una rueda giratoria que se inclina cuando el satélite se mueve. Otros responden a las variaciones de intensidad y dirección del campo magnético que rodea al satélite.

Para mover los satélites

Los satélites giran para conservar su orientación con ayuda de pequeños cohetes; cuando por ellos sale gas a presión en un sentido, el satélite gira en el contrario. Las MMU (página 19) funcionan de la misma forma. Prueba a hacer el experimento del dibujo, que imita el funcionamiento de los cohetes.



Para mover los satélites se usan también unas ruedas especiales llamadas volantes de inercia. Cuando el volante, unido al cuerpo del satélite, gira en un sentido, aquél lo hace en el contrario. Las ruedas las mueven unos motores eléctricos.

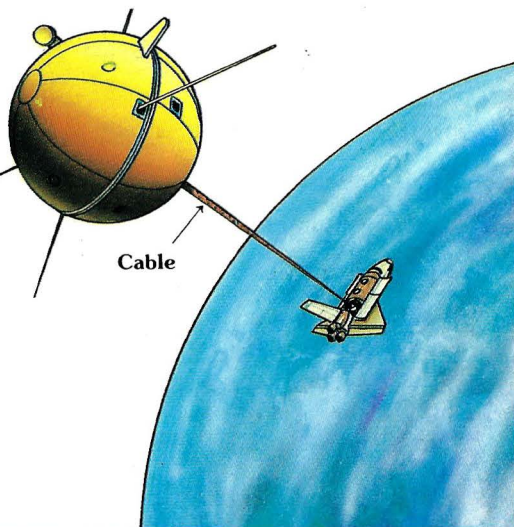
Planes para el futuro

El conocimiento del espacio adquirido gracias a la experiencia con los actuales satélites y estaciones aumenta rápidamente, y ya se hacen planes para aprovecharlo, algunos de ellos muy ambiciosos. Hay proyectos para construir en el espacio con minerales extraídos de la Luna y de asteroides (masas rocosas que flotan en el vacío, procedentes quizá de planetas sin formar). Algunas ideas se harán realidad antes de que termine este siglo, pero otras exigen una tecnología mucho más avanzada que la actual.

Futuro próximo

Cables espaciales

Estos cables se construirán con materiales sintéticos muy resistentes. Es probable que en un futuro próximo, los transbordadores espaciales suelten desde una órbita baja satélites sujetos por un cable, que irán subiendo oscilando como un globo sujeto por un hilo. Una vez liberados, bastará darles un impulso final para situarlos en la órbita alta deseada. El mismo método sirve para remolcar satélites científicos a través de las capas bajas de la atmósfera.



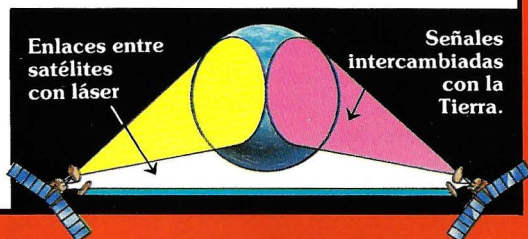
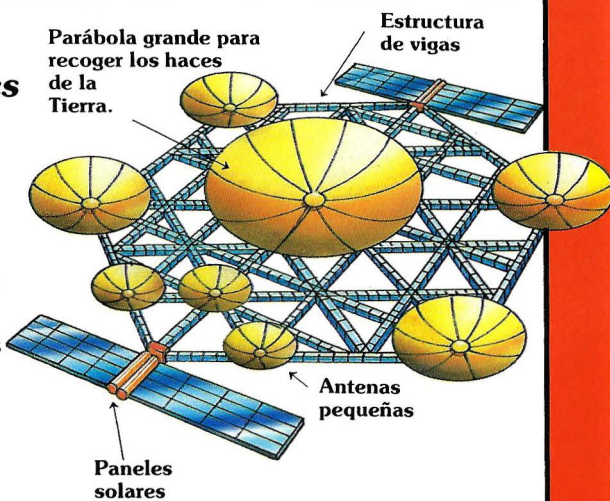
Finales del siglo XX

Futuros satélites de comunicaciones

Como la órbita geoestacionaria empieza a saturarse de satélites de comunicaciones, se están haciendo proyectos para enviar unos pocos muy grandes en sustitución de los actuales más pequeños. El dibujo ilustra uno, llamado «granja de antenas», constituido por varias montadas en una estructura de vigas.

Otra idea es interconectar los grandes satélites de comunicaciones con haces de láser (figura inferior). En la actualidad, las señales enviadas a gran distancia tienen que recorrer muchos satélites y estaciones.

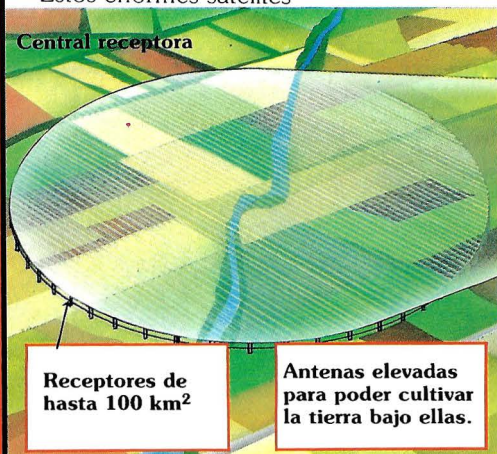
Cuando los satélites estén directamente enlazados unos con otros, será posible establecer una comunicación mucho más eficaz entre estaciones.



En el
siglo
XXI

Centrales eléctricas espaciales

He aquí un enorme satélite colector de energía solar que podría construirse el próximo siglo. Convertiría la luz del Sol en microondas que se enviarían a una central receptora terrestre, donde se transformarían en electricidad. Estos enormes satélites



Central receptora

Receptores de hasta 100 km²

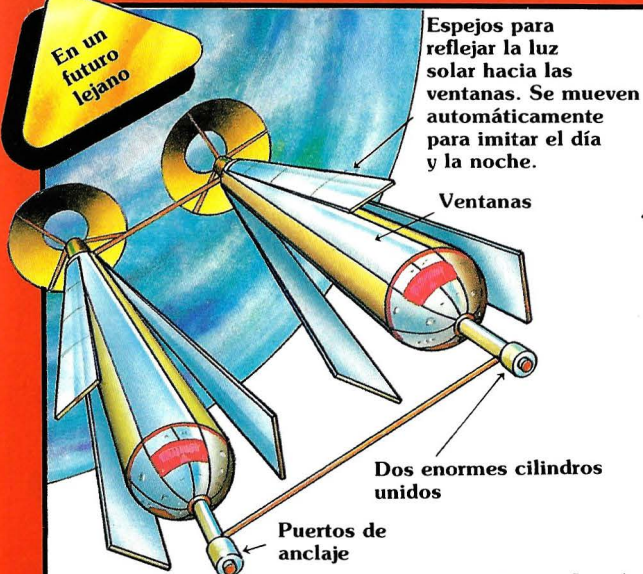
Antenas elevadas para poder cultivar la tierra bajo ellas.

Colector solar de 50 km²

Antena para enviar la energía a la Tierra.

podrían construirse en colonias establecidas en la Luna y con metales obtenidos también allí. Pero todavía quedan muchos problemas por resolver, porque el haz de microondas sería peligroso para las aves y los aviones ligeros y provocaría interferencias en las señales de radio y de radar que lo atravesasen.

En un futuro lejano



Espejos para reflejar la luz solar hacia las ventanas. Se mueven automáticamente para imitar el día y la noche.

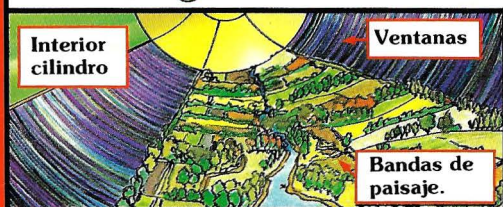
Ventanas

Dos enormes cilindros unidos

Puertos de anclaje

Colonias espaciales

Dentro de mucho tiempo podrían construirse enormes estaciones espaciales flotando en torno a la Tierra o más allá de la Luna. Sus habitantes vivirían y trabajarían en ellas dedicados a la fabricación de productos de gran calidad o a la minería de asteroides; también producirían en ellas sus alimentos. Hay muchos proyectos de construcciones en forma de rueda o cilíndricas, una de las cuales, capaz para 10.000 personas, se ilustra a la izquierda.



Interior cilindro

Ventanas

Bandas de paisaje.

Los habitantes de las colonias estarán en contacto con la Tierra por medio de satélites. Incluso podrían seguir los partidos de fútbol y otros espectáculos transmitidos en forma de hologramas casi indistinguibles de la realidad. En el interior habrá paisajes similares a los de la Tierra.

Programa de órbitas de satélites

Si tienes un ordenador o puedes pedirlo prestado, usa este programa para poner en órbita satélites imaginarios. El programa lanza los satélites lateralmente, desde un punto del espacio. Tú tienes que elegir la altura de la órbita en kilómetros y la velocidad en kilómetros por segundo.

El ordenador te comunicará las coordenadas (puntos de un gráfico) del

satélite en distintos momentos de su trayectoria, teniendo en cuenta la atracción que ejerce la gravedad de la Tierra a las distintas alturas. Marca esos puntos en papel milimetrado y únelos para dibujar la órbita. El programa da también el valor a escala del radio terrestre, para que puedas representarlo; el tamaño de la Tierra depende de la órbita elegida.

Este programa funciona en los siguientes ordenadores: Commodore 64, MSX, BBC, VIC-20, Spectrum, Apple, Electron y TRS Colour Computer con Basic ampliado.

Lo que necesitas

Papel milimetrado con cuadrados de 10 mm^2 subdivididos en otros menores de 1 mm^2 . Las cifras que te dará el programa representan cuadrados pequeños; 0,5 representa medio cuadradito.

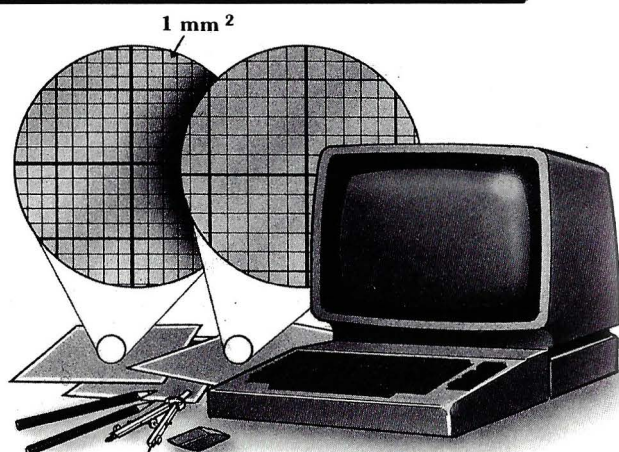
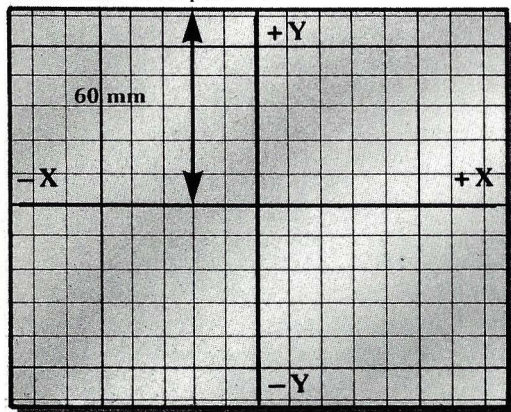
Lapiceros de colores, compás y goma.

Lo que tienes que hacer

1 Teclea el programa.

2 Dibuja en el papel milimetrado una cruz del tamaño indicado abajo. Las dos líneas, llamadas ejes, tienen que ser de la misma longitud. Identifícalas con las letras que aparecen en la figura.

3 Para poner en marcha el programa, teclea RUN o la palabra que en tu ordenador sirva para eso.



Teclea el valor de la altura*.

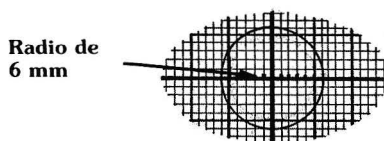
Pulsa RETURN.

Teclea el valor de la velocidad*.

Pulsa RETURN.

* Consulta las sugerencias de la otra página.

4 Dibuja una circunferencia del radio indicado en la pantalla (abajo). Coloréala si quieres, pero de forma que se vea la cuadrícula.

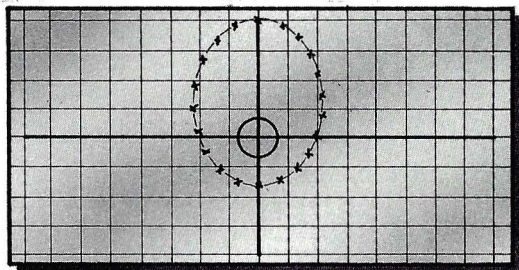


5 Marca el primer punto de la órbita. El programa te dará un valor para el eje X y otro para el Y. Cuenta primero los cuadraditos correspondientes a lo largo del X y luego a lo largo de Y. Señala el resultado con un punto y pulsa C y luego RETURN para continuar.

6 Sigue marcando los puntos de la órbita (abajo). Los de la parte inferior corresponden a los ejes $-Y$ y $-X$.

Si el satélite va muy alto, puedes marcar sólo un punto de cada cuatro o cinco de los indicados por el ordenador. Si está cerca de la Tierra tienes que marcar todos, porque va más deprisa y estarán más separados.

7 Une los puntos para dibujar la órbita (abajo). Pulsa S. RETURN y RUN (o la palabra equivalente de tu ordenador) para trazar otra órbita.



Sugerencias

Los satélites bajos tienen que ir más rápido para contrarrestar la gravedad y mantenerse en órbita. Si lanzas alguno muy lento, el programa indicará «VUELTA», lo que significa que se ha estrellado; esto ocurre por debajo de 200 km. Si la velocidad es excesiva, el satélite recorrerá una órbita muy alejada que se saldrá del papel milimetrado. Prueba con alturas inferiores a 40.000 km y velocidades comprendidas entre 1 y 11 km/s. Puedes empezar por las dos órbitas descritas aquí abajo.

Geoestacionaria. Altura: 36.000 km.
Velocidad: 3,1 km/s. La órbita tarda aproximadamente 24 horas en completarse.

Elíptica excéntrica, como la del satélite ruso de la página 11. Altura: 40.000 km.
Velocidad: 1,5 km/s. La órbita tarda aproximadamente 12 horas en completarse.

```

10 LET U$="KM":LET P$="MM":LET F1=1:LET F2=1
20 LET ME=6E+24:LET RE=6.4E+06
30 LET K=3.14159265/180:LET G=6.7E-11
40 PRINT "SITUACION DE PARTIDA:"
50 PRINT "ALTURA (" ;U$;")":INPUT D:LET D=D*1000*F1+RE
60 PRINT "VELOCIDAD (" ;U$;"/S) ":INPUT V:LET V=V*1000*F1
70 LET SC=50/D:LET A=90
80 PRINT:PRINT "DIBUJA LA TIERRA CON RADIO ";
90 PRINT INT(RE*SC*10/F2)/10;" ";P$
100 LET XS=0:LET YS=D:LET TT=0
110 LET VX=V:LET VY=0
120 LET A$=" ":LET C=0:LET T=(6.28*D/V)/600
130 LET DS=ABS(XS*XS+YS*YS)
140 IF SQR(DS)<6.6E+06 THEN PRINT "VUELTA":STOP
150 LET AG=-G*(ME/DS):LET A=(ATN(XS/YS))/K
160 IF YS<0 THEN LET A=A+180
170 IF A<0 THEN LET A=A+360
180 LET AK=A*K
190 LET VX=VX+T*AG*SIN(AK):LET VY=VY+T*AG*COS(AK)
200 LET XS=XS+VX*T:LET YS=YS+VY*T
210 LET TT=TT+T
220 LET C=C+1:IF C=2 THEN GOSUB 250
230 IF A$<>"S" THEN GOTO 130
240 STOP
250 LET C=0:LET AL=SQR(DS)-RE
260 PRINT:PRINT "ALTURA = ";INT(AL/1000/F1);" ";U$
270 PRINT "( X = ";INT(XS*SC*2/F2)/2;" ";P$;" )"
280 PRINT "( Y = ";INT(YS*SC*2/F2)/2;" ";P$;" )"
290 PRINT "TIEMPO = ";INT(TT/360)/10;" HORAS"
300 PRINT "C O S":INPUT A$:RETURN

```


Observación de los satélites

Algunos satélites se ven por la noche a simple vista, aunque con unos prismáticos se localizan muchos más. Los observadores expertos envían registros de sus observaciones, con cálculos complicados de las alturas y ángulos, a los centros científicos, en los que se determinan las variaciones del campo gravitatorio terrestre a partir de las que sufren las órbitas.

¿Qué aspecto tienen?

Los satélites y las estaciones espaciales brillan en el cielo nocturno cuando reflejan la luz solar, igual que la Luna. Parecen estrellas fugaces que se mueven a unos 8 km por segundo en una dirección distinta a la de las estrellas de verdad. La velocidad es parecida a la de un avión cuando vuela muy alto. Los objetos más fáciles de ver son las estaciones grandes situadas en órbitas bajas.

Para buscar un satélite

Busca cuando el cielo nocturno esté despejado. Observa durante las primeras dos horas después de la puesta del Sol, cuando el cielo está oscuro pero la sombra de la Tierra todavía no oculta los satélites. Tendrás más probabilidades de encontrar alguno si miras hacia el Ecuador.

Predicciones

Para facilitar la localización, algunos periódicos suelen dar indicaciones sobre los satélites más fáciles de observar en la zona; las predicciones tienen un error de no más de 100 km de distancia respecto al punto de paso anunciado. También las organizaciones astronómicas dan predicciones, como la de abajo.

Hora de aparición

Punto de salida

Punto en que alcanzará la altura máxima, en grados.

Punto por el que desaparecerá. El asterisco significa que la sombra de la Tierra lo ocultará antes de perderse bajo el horizonte.

Para fotografiar los satélites

Estos consejos te ayudarán a fotografiar satélites. Dirige primero la cámara en la dirección aproximada en que debe aparecer el objeto que buscas.

1 Sujeta bien la cámara en un trípode o en una superficie firme.

2 Coloca el mando de velocidades en B o en T.

3 Cuando veas el satélite, encuádralo con la cámara y mantén el obturador abierto durante unos cinco minutos.

Rastro del satélite

Rastros de las estrellas

Así quedaría la foto

Satélites quemados

Cuando un satélite entra en la atmósfera, arde con una luz muy viva. Por término medio, caen dos cada semana, pero no siempre de noche. Además, es difícil prever cuándo se producirá la entrada y dónde.

Si quieres saber más

Dirígete a alguna asociación astronómica próxima a la zona en que vivas. También puedes escribir a las dos direcciones indicadas abajo, que aceptan preguntas de todo el mundo (tienes que escribir en inglés).

The Secretary,
Junior
Astronomical Society,
10 Swanwick Walk,
Tadley, Basingstoke,
Hants., England.

The Secretary,
British
Astronomical Society,
Burlington House,
Piccadilly,
London,
England.

ATENCION: no mires nunca hacia el Sol con prismáticos: puedes quedarte ciego.



Misiones espaciales

Acontecimientos más importantes en la historia de la conquista del espacio:

1957 Sputnik I (URSS), primer satélite artificial de la Tierra.

1958 Explorer I, primer satélite de EE.UU. Se descubren los cinturones de Van Allen.

1960 Tiros I (EE.UU.), primer satélite meteorológico. Transit IB (EE.UU.), primer satélite de navegación. Midas 2 (EE.UU.), primer satélite de alerta rápida.

1961 Vostock I (URSS) con Yuri Gagarin, el primer astronauta. Telstar I (EE.UU.), primer satélite de comunicaciones comercial; transmitió programas de televisión entre América y Europa.

1963 Vostock 6 (URSS) con Valentina Tereshkova, la primera astronauta.

1964 Syncom 3 (EE.UU.), primer satélite de comunicaciones en órbita geoestacionaria; transmitió los juegos olímpicos de Tokio.

1965 Voshkod 2 (URSS) con Alexai Leonov, que dio el primer paseo espacial (10 minutos).

1966 Gemini 8 (EE.UU.), primer acoplamiento en el espacio.

1969 Apollo 11 (EE.UU.) con Neil Amstrong, el primer hombre en pisar la Luna.

1971 Lanzamiento de la Salyut 1 (URSS), primera estación espacial.

1972 Landsat 1 (EE.UU.), primer satélite de recursos terrestres.

1973 Lanzamiento de la Skylab, primera plataforma espacial de EE.UU.

1974 Lanzamiento de la Salyut 2 (URSS), que falló en órbita. Lanzamiento de las Salyut 3 y 4. Las naves tripuladas Soyuz (URSS) y Apollo (EE.UU.) se acoplan en órbita.

1976 Lanzamiento de la Salyut 5.

1977 Lanzamiento de la Salyut 6.

1978 Primer acoplamiento doble (URSS): Soyuz 26 y Soyuz 27 se acoplan a la Salyut 6.

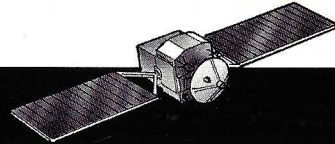
Progress 1 (URSS), primer transporte espacial no tripulado; primer suministro de combustible en órbita.

1981 Columbia (EE.UU.), primer transbordador espacial.

1982 Salyut 7. El transbordador Columbia lanza dos satélites.

1983 Primer vuelo del Spacelab (EE.UU.) a bordo de un transbordador.

1984 Transbordador Challenger. Se usa por vez primera la MMU. Primera recuperación, reparación y nueva puesta en órbita de un satélite.



Glosario de satélites

Acoplamiento: unión en el espacio de dos naves.

Antena: dispositivo instalado en la Tierra o en un satélite que recibe o envía señales en forma de microondas.

Apogeo: en una órbita no circular, el punto más alejado de la Tierra.

Célula solar: componente electrónico de silicio que transforma la energía del Sol en electricidad.

Cohete: vehículo de lanzamiento alimentado por un combustible que se quema con un oxidante y produce gases que lo impulsan.

DBS: siglas de satélite de difusión directa. Satélite que emite señales de televisión muy intensas que se captan en la Tierra con antenas parabólicas pequeñas.

Estación de seguimiento: instalación terrestre que intercambia señales con los satélites.

Geoestacionaria, órbita: la que recorre un satélite a 36.786 km de altura y en dirección hacia el este por encima del ecuador. Tarda en completarse 24 horas.

Gravedad: fuerza de atracción que se manifiesta entre los objetos. Es la que mantiene las naves espaciales en órbita.

Microondas: ondas de radio de que se valen los satélites para enviar y recibir información.

Órbita: trayectoria que sigue un satélite en torno a un planeta. Las órbitas elípticas y muy alargadas se llaman excéntricas.

Perigeo: en una órbita no circular, el punto más próximo a la Tierra.

Período: tiempo que tarda un satélite en dar una vuelta completa en torno a la Tierra.

Polar, órbita: la que sobrevuela los dos polos de la Tierra.

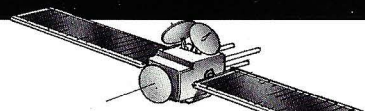
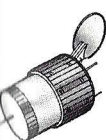
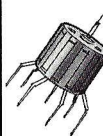
Radiómetro: Instrumento usado en los satélites para medir las radiaciones reflejadas o emitidas por los objetos.

Satélite: cualquier objeto que describe órbitas en torno a otro mayor. Una estación espacial es un satélite grande tripulado.

Signatura: conjunto de las longitudes de onda de la radiación electromagnética emitida o reflejada por un objeto.

Transferencia, órbita de: la provisional, situada entre una baja inicial y la más alta definitiva.

Velocidad orbital: la que debe llevar un satélite para mantenerse en órbita. Depende de la altura de ésta.



Indice alfabético

- Acoplamiento o anclaje, 13, 22-23
Actividad extravehicular (EVA), 18
Adaptador de anclaje múltiple, 17
Agencia espacial europea (AEE), 8
Agujero negro, 35
Alerta temprana, satélites de, 37
Alimentación, 13, 38-39
Amaraje, 24-25
Animales en el espacio, 17
Antenas, 4, 26-29, 31, 35-37, 39, 40, 43
 de comunicaciones, 4-5, 23, 26
 de mando, 4-5, 26, 41
 granjas de, 42
Antenas parabólicas terrestres, 3-4, 27, 29
Apogeo, 10
Apollo, 13, 17, 24-25
Ariane, 8
Asteroides, 43
Astronauta, 7
Aterrizaje, 25
Atmosférico, freno, 10, 24
Atómico, reloj, 36

Big Bird, 37
Bloqueo de radio, 24-25
Brazo manipulador (RMS), 19, 23, 34

Cable espacial, 42
Cámara multiespectral, 31
Cargamento, 13, 18-19, 22-23
Células de combustible, 13, 39
Cohetes de posición, 41
Colonia lunar, 43
Colonias espaciales, 43
Combustible líquido, cohete de, 8
Comunicaciones, satélite de, 3-4, 26, 28-29, 37, 42
Comstar, 1, 4
Control de la misión, 29
Cosmonauta, 7

Dormir en el espacio, 15, 23

Efecto, 19
Electromagnética, radiación, 32, 35
Eclipse, 10
Escusa, 13, 17
Escudo térmico, 17, 24
Espionaje, fotografía de, 37
Espionaje, satélites de, 10, 37
Estabilización de satélites, 41
Estaciones de seguimiento, 11, 26, 30, 41
Excéntrica, órbita, 10-11, 29
Experimentos en el espacio, 16-17, 20-21

Fases de un cohete, 8
Fotografía de satélite, 46

Geostacionaria, órbita, 11, 28, 42
Giro de un satélite, 41
Gravedad, 6-7, 14, 20, 22
Guía de ondas, 27

Heliosincrónica, órbita, 11, 30
Huella, 27-28

Ingravedad, 7, 14-15
Intelsat, 29
Invernadero espacial, 23

Landsat (satélite de recursos terrestres), 29-31, 33
Lanzamiento, tipos de, 8-9
Láser, armas de, 37
Láser, haz de, 29, 42

Mal del espacio, 14
Meteosat, 30
Microgravedad, 6
Microondas, 26, 32, 43
Minería lunar, 43
Misiles buscadores de infrarrojos, 37
Módulo de transferencia, 16
Molnias, 11, 29
Motor de perigeo, 10
Motores auxiliares de combustible sólido, 8-9

Navstar, 36
Nuclear, energía, 39

Observador temático, 31, 33
Órbita de transferencia, 8, 10

Palapa, satélite, 28
Perigeo, 10
Peso, 6
Polar, órbita, 11, 30
Portadora, 26-27
Postura, sistema de control de, 41
Progress, vehículos, 16, 24
Propelente, 5, 8
Protección de las estaciones espaciales, 13

Quemados, satélites, 46

Radar, satélites de espionaje por, 37
Radiómetro, 32-33
Rayos X, 35
Recursos terrestres, satélites de, 4, 30-32
Retrete espacial, 15
Ropa para el espacio, 15, 18-19

Salida de órbita, 25
Salyut, 12, 16, 20
Salyut 6, 12, 16
Salyut 7, 12, 16-17
Saturno V, cohete lunar, 17
Satélite francés de recursos (SPOT), 31
Satélites científicos, 4, 34-35
Satélites con sensores remotos, 30
Satélites de emisión directa (DBS), 29
Satélites destructores, 37

Satélites meteorológicos (Metsats), 4, 30, 32, 37
Satélites de navegación, 4, 36
Satélites oscuros, 37
Sensores, 41
Sensores remotos, 32, 34
Signaturas, 32
Sistema de posición global (GPS), 36
Skylab, 12-13, 16-17, 20, 24
Sol, 17, 34
Solar,
 célula, 5, 13, 38, 40
 energía, 39, 43
 Maximum Mission, 19
 panel, 5, 16-17, 22, 34-35, 38
 protuberancia, 34
 viento, 34, 41
Soyuz, 24
Spacelab, 21
SPOT, 31
Sputnik, 1, 3

TDRS, satélite, 29, 31
Telefónicas, comunicaciones, 4, 26, 28
Televisión, 26-27, 29
Telescopio espacial, 34
Transbordador espacial, 8-9, 12, 18, 24-25
Transpondores, 26
Triaxial, estabilización, 41
Tripulación, 18

Unidad tripulada de maniobras (MMU), 19, 41

Van Allen, cinturón de, 34
Vega, 35
Velocidad orbital, 6
Volante de inercia, 41

Origen de las figuras:
Meteosat, Daily Telegraph
Picture Library. Landsat,
National Remote Sensing
Centre.
El editor desea dar las gracias por su
colaboración a los siguientes organismos:
NASA, Hughes Aircraft Company,
Novosti, Vritish Aerospace,
AEG-Telefunken.

Traducción: Alfredo Cruz Hecce

Título original: *Satellites and space stations*
© 1985, Usborne Publishing Ltd.
© 1986, de la edición española, E.G. Anaya
Villafranca, 22. 28028-Madrid
Reservados todos los derechos.
I.S.B.N.: 84-7525-340-6
Depósito legal: M. 16034-1986
Impreso por: OMNIA
c./ Mantuano 27 Madrid
Impreso en España - Printed in Spain

NUEVA TECNOLOGIA



Esta colección constituye una guía clara del mundo en rápida expansión de la nueva tecnología. Leyendo *Satélites y estaciones espaciales* te darás cuenta de la gran cantidad de funciones vitales que desempeñan los satélites: comunicaciones, observación del espacio exterior, estudio de la Tierra, etc. Sabrás también qué es una estación espacial y cómo vive la gente en su interior, y te asombrarás con algunos de los proyectos que se pondrán en marcha en los próximos años. *Robótica* te mostrará el mundo de los robots reales, que construyen coches, exploran el sistema solar y realizan eficazmente muchos otros trabajos peligrosos. En *Láseres* aprenderás cómo se genera la luz de láser y de qué forma aprovechan la medicina y la industria pesada sus propiedades únicas; el libro también explica cómo se hacen con láser esas asombrosas imágenes en relieve llamadas hologramas. *Información* te explicará por qué los ordenadores y otros aparatos recientes están revolucionando las comunicaciones y te describirá los cables de fibra óptica, los satélites de televisión, el videotexto, la transmisión de facsímiles, el correo electrónico y muchos otros inventos apasionantes.