A satellite with gold-colored thermal blankets and solar panels is shown in orbit above the Earth. The satellite's structure is complex, with various instruments and antennas visible. The Earth's blue and white atmosphere is clearly visible in the background against the blackness of space.

LOS SATÉLITES Y SU UTILIDAD EN NUESTRO DÍA A DÍA

María José González Bonilla
CENTRO ESPACIAL INTA TORREJÓN
INSTITUTO ESPACIAL DE TÉCNICA AEROSPAZIAL

Los satélites y su utilidad en nuestro día a día.

Contenido

- Los satélites y su utilidad en nuestro día a día..... 2
- Qué es un satélite 3
- La Era Espacial..... 3
- Componentes de una misión satélite 9
 - Segmento lanzador. 9
 - Segmento Espacial. 12
 - MÓDULO DE PROPULSIÓN Y EMPUJE 13
 - MÓDULO DE POTENCIA. 13
 - MÓDULO DE NAVEGACIÓN. 13
 - MÓDULO DE COMUNICACIONES Y DATOS..... 14
 - CARGA DE PAGO: INSTRUMENTO PRINCIPAL Y SECUNDARIOS..... 14
 - Segmento Terreno. 15
 - Segmento Usuario. 16
- Tipos de Misiones: para qué se usan los satélites 16
 - Satélites de Comunicaciones 16
 - Satélites Meteorológicos..... 19
 - Satélites de Navegación 22
 - ¿COMO FUNCIONA LA NAVEGACIÓN POR SATÉLITE?..... 22
 - Misiones de Observación de la Tierra 24
 - Misiones Científicas 29
- El Centro Espacial INTA Torrejón (CEIT) del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial 31
 - La misión PAZ 32
 - La misión CHEOPS 36
 - La misión INGENIO 39
- Temas de reflexión y preguntas abiertas..... 41
- Bibliografía 42

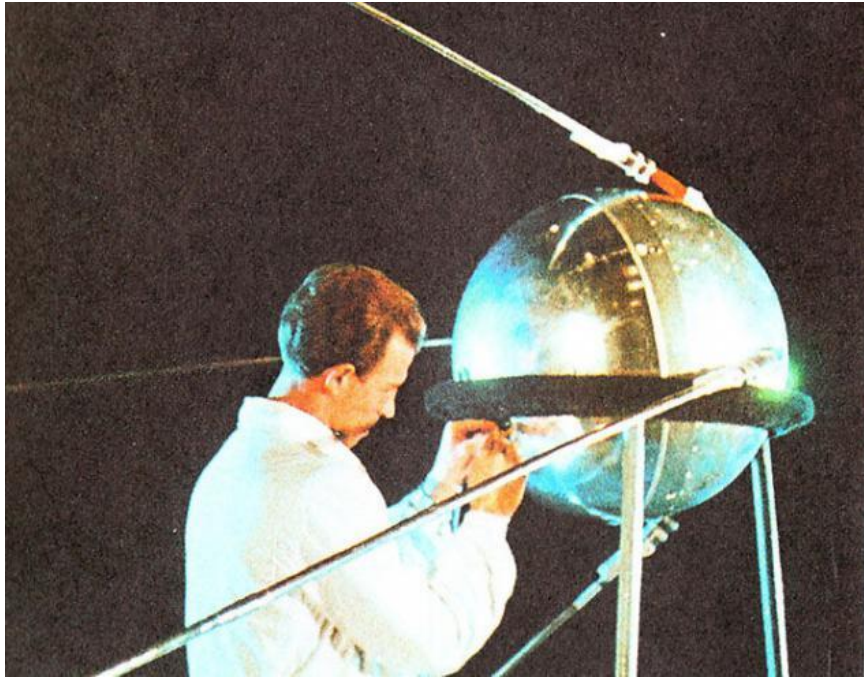
Qué es un satélite

En astronomía, un satélite es un objeto que orbita alrededor de otro objeto de mayor tamaño. Existen dos tipos de satélites, los naturales y los artificiales. Con respecto a los naturales, solo en nuestro Sistema Solar hay varios cientos de satélites naturales. Para nosotros, el más conocido es la Luna, pero Saturno tiene al menos 53 satélites naturales y además, entre los años 2004 y 2017 tuvo orbitando un satélite artificial, la sonda Cassini, que estuvo explorando tanto el planeta como sus lunas.

La Era Espacial

A mediados del siglo pasado, en plena guerra fría, los científicos comenzaron a explorar la posibilidad de poner en órbita satélites artificiales.

El primer satélite artificial creado por el hombre fue lanzado el 4 de octubre de 1957 por los rusos. Bautizado como Sputnik-1 (compañero de viaje) se trataba de un dispositivo muy simple: una bola de aluminio del tamaño aproximado de los balones Nivea con los que jugábamos en la playa, con 4 antenas y baterías. Dentro del satélite se instalaron transmisores de radio que enviaban un beep-beep-beep que podía ser escuchado en todo el mundo. Con un peso aproximado de 80 kilos, su funcionalidad era muy sencilla, pero permitió demostrar la posibilidad de enviar elementos que orbitaran alrededor de nuestro planeta, por lo que lo importante en ese momento era comenzar a pensar en funcionalidades que podían ser cubiertas por los satélites. El lanzamiento del Sputnik supuso el inicio de la Era Espacial.



El Sputnik-1

El lanzamiento en 1957 del Sputnik-1 supuso el inicio de la Era Espacial.

Muy poco después, el 3 de noviembre de 1957 los soviéticos de nuevo lanzaron un satélite más grande, el Sputnik-2 que llevaba una importante carga a bordo: la perrita Laika. ¿Os imagináis que en este momento se realizara algo así, lanzar una perrita que sabemos que moriría en el espacio? Desde luego lo vemos ahora como una aberración, pero en esos momentos el trato hacia los animales era diferente y primaba el probar como se comportaban los seres vivos en el espacio de cara a iniciar las primeras misiones tripuladas humanas.

Los Estados Unidos, que también pugnaban en la carrera espacial lanzaron poco después su primer satélite, el Explorer-1, el 31 de Enero de 1958. El Explorer-1 pesaba 30 libras (13.6 kilos), de las cuales, más de 18 se trataban de instrumentos científicos, que incluían un detector de rayos cósmicos, detectores de temperatura y un micrófono para escuchar a los micro-meteoritos que pudieran alcanzar el satélite.

El satélite estuvo mandando datos a la Tierra durante 4 meses, cesando sus comunicaciones el 23 de mayo de 1958. Se mantuvo en órbita durante más de una década, reentrando en la atmósfera terrestre el 31 de marzo de 1970.

El Explorer-1 es recordado no solo por ser el primer satélite estadounidense, que además demostró la posibilidad de poder hacer ciencia desde el espacio, sino porque gracias a él se descubrieron los Cinturones de Van Allen (en las siguientes misiones Explorer se fueron descubriendo más detalles acerca de la naturaleza de estos Cinturones). Esto fue posible porque una de las cargas de pago científica que llevaba el satélite era un contador Geiger, un aparato diseñado para detectar radiación, diseñado por un equipo de la universidad de Iowa liderado por James Alfred Van Allen.

Con estos hitos se inició la denominada Era Espacial, que se caracterizó por el muy rápido desarrollo rápido de nuevas tecnologías (como misilería, ciencia de materiales o informática) en la llamada Carrera Espacial, mantenida entre los Estados Unidos y la Unión Soviética. Gran parte de la tecnología desarrollada originalmente para aplicaciones espaciales ha sido aplicada a otras aplicaciones. En la actualidad, el término "Era espacial" todavía tiene connotaciones de novedad e innovación.

La Era espacial alcanzó su auge con el programa Apolo, que sirvió de alimento a la imaginación de buena parte de la población mundial. El alunizaje del Apolo XI, que es sin duda uno de los momentos clave del siglo XX y fue un acontecimiento que vieron más de 500 millones de personas a lo largo del globo terráqueo, y está ampliamente reconocido como uno de los momentos clave del siglo XX. Desde entonces, y con el fin de la carrera espacial debido al hundimiento de la Unión Soviética, la atención del público se ha desplazado a otras áreas.

Durante la década de 1990, los fondos destinados al ámbito espacial decayeron súbitamente tras la desintegración de la unión Soviética, dado que la NASA no tenía competencia directa. Además, la percepción pública de los peligros y el coste de la exploración espacial en los Estados Unidos se vio gravemente afectada por el accidente del transbordador espacial Challenger de 1986.

Sin embargo, en el año 2000 aumentaron exponencialmente el número de lanzamientos de satélite, manteniéndose esa tendencia actualmente. Desde entonces la participación en lanzamientos espaciales ha implicado a más gobiernos y a los intereses comerciales. Desde la década de 1990, el período actual ha recibido el nombre de Era de la

información, más que Era espacial, dado que las tecnologías relacionadas con la exploración espacial han pasado a ser algo común para una parte significativa del público. Todos los satélites artificiales que se lanzan son registrados por una institución Norteamericana llamada *Space Surveillance Network (SSN)*, que permite conocer la localización de los satélites para entre otros, evitar colocar satélites en el mismo punto y evitar choques entre ellos.

La SSN tiene registrado cualquier objeto fabricado por el hombre que esté orbitando nuestro planeta, con más de 10 cm de tamaño.

Desde su primer registro en 1957 ha registrado más de 24.500 objetos orbitantes. La gran parte de ellos ya han finalizado su operación, por lo que han seguido una órbita inestable y se han desintegrado o fragmentado al reingresar en nuestra atmósfera.

Según los últimos datos de la NASA y de Online Satellite Calculations, en la actualidad hay cerca de 3.500 satélites artificiales en funcionamiento.

En la actualidad, muchos países no tienen programas espaciales. Hay muchos satélites con propósitos científicos y comerciales en uso, y muchos países albergan planes de enviar humanos en órbita.

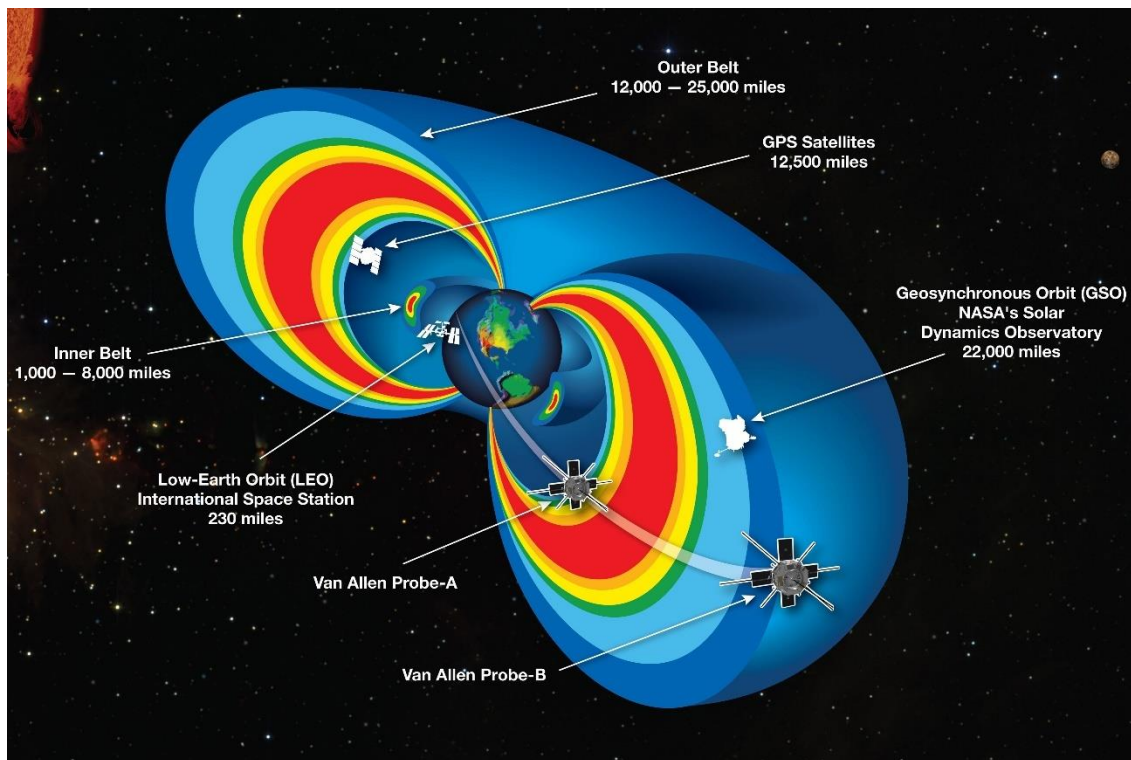
Los satélites actuales son mucho más complejos, se diseñan para que sean muy ligeros y robustos (¡no es posible ir a reparar un satélite al espacio!)

Sabías que...

Los Cinturones de Van Allen son dos zonas de la magnetosfera terrestre donde se concentran grandes cantidades de partículas cargadas de alta energía, originadas en su mayor parte por el viento solar capturado por el campo magnético terrestre. Estos cinturones son áreas en forma de anillo de superficie toroidal en las que protones y electrones se mueven en espiral en gran cantidad entre los polos magnéticos del planeta.

Los Cinturones de Van Allen proporcionan una protección a nuestro planeta que permite la vida tal y como lo conocemos. Pero para la vida humana fuera de la Tierra son perjudiciales. La permanencia prolongada en los Cinturones de Van Allen es un riesgo para la salud. La órbita de la Estación Espacial Internacional (ISS) hace

que pase directamente por la Anomalía del Atlántico Sur (SAA) que es la región donde los Cinturones de radiación de Van Allen se encuentran a menor distancia de la superficie terrestre (a unos 200 km) por lo que la intensidad de radiación solar es más elevada que en otras regiones. Esta es una de las razones por la que los astronautas que la habitan hacen estancias no excesivamente prolongadas (en media de unos seis meses). En ese tiempo, sus cuerpos reciben la misma cantidad de radiación que un operario industrial puede recibir en un año de trabajo. En los casos en los que las misiones espaciales han supuesto atravesar los Cinturones, las trayectorias han sido meticulosamente calculadas para pasar por zonas estrechas y de menor flujo, de forma que los tiempo de exposición son pequeños.



Los Cinturones de Van Allen y su localización alrededor de la Tierra

Además los Cinturones de Van Allen producen un efecto desastroso para los componentes eléctricos. Un satélite situado en una órbita dentro de los Cinturones de Van Allen quedaría completamente destruido. Por ello los componentes que equipan las misiones espaciales suelen llevar una protección anti-radiación para evitar alteraciones debido a las radiaciones cósmicas, pero cuando pasan por los Cinturones es mejor que vayan apagados para no sufrir daños significativos.

Además se debe seleccionar el punto en el que se ubican los satélites para que no ocupen la áreas de más alta radiaciones. Así, la localización de los satélites se divide divididos en tres áreas.

- Satélites Geoestacionarios (GEO), situados a altitudes cercanas a 36.000 Km y se utilizan para transmisión de comunicaciones y análisis meteorológicos.
La órbita geoestacionaria es una órbita circular que tiene una inclinación de cero grados, es decir, que orbita en el plano ecuatorial, siguiendo la dirección de rotación de la Tierra. Otra característica de este tipo de órbita es que posiciona los satélites a altitudes cercanas a los 35.790 km, lo que hace que el periodo orbital sea igual al periodo de rotación de la Tierra. De esta forma se consigue que los instrumentos a bordo de estos satélites sean capaces de escanear de manera continua las mismas regiones sobre la superficie terrestre.
- Los Satélites de Órbita Media (MEO) como el GPS se encuentran entre los 10.000 y los 15.000 Km.
- Y los Satélites de Órbita Baja (LEO) empleados entre otras aplicaciones para telefonía, observación de la Tierra o geología, se sitúan situados entre los 500 y los 1.500 Km.

Sabías que...

El satélite artificial más grande que orbita la Tierra es la Estación Espacial Internacional (ISS – International Space Station).

Sabías que...

Una sonda espacial es un artefacto aeroespacial muy parecido a un satélite espacial, pero que en lugar de orbitar alrededor de un planeta, viaja por el espacio obteniendo datos y realizando fotografías. Como ejemplo, la sonda Voyager-1, lanzada el 5 de septiembre de 1977, es la que más lejos (con respecto a nuestro planeta) ha llegado. Sigue operativa en la actualidad, prosiguiendo su misión extendida de localizar y estudiar los límites del Sistema Solar. ¡En julio de 2020 estaba a 22.290.082.734,3 km del Sol!

Componentes de una misión satélite

Una misión satélite es una misión compleja en la que no solo interviene el propio satélite lanzado al espacio (denominado Segmento Espacial), sino 3 segmentos más: el Segmento Lanzador, el Segmento Terreno y el Segmento Usuario.

Particularmente, yo trabajo en el Segmento Terreno de los satélites españoles de Observación de la Tierra PAZ e INGENIO (de los cuales hablaré más adelante).

En este apartado, voy a profundizar más en estos 4 Segmentos que tienen que funcionar adecuada y solidariamente para el éxito de la misión.

Segmento lanzador

El lanzador (rocket en inglés) es el elemento encargado de poner en órbita el satélite, venciendo la fuerza de la gravedad y ubicándolo en el punto deseado. También se encarga de proteger los satélites en el momento crítico en el que atraviesan la atmósfera. El lanzador consiste en un vehículo típicamente cilíndrico, que contine propulsores líquidos o sólidos que producen gases calientes o iones que son expulsados hacia atrás a través de una tobera, por lo que al hacerlo crean una fuerza de acción acompañada de un fuerza igual pero opuesta de reacción que conduce al vehículo hacia adelante. Puesto que los cohetes son autónomos, pueden operar en el espacio exterior.

El tamaño de los lanzadores varía en función del elemento que tengan que poner en órbita (no es lo mismo lanzar pequeños satélites que una nave cargo gigante para explorar Marte), pero en cualquier caso el principio de funcionamiento es común, basado en los trabajos matemáticos para entender el movimiento de científicos como Galileo o Isaac Newton.

Galileo realizó un amplio abanico de experimentos relacionados con el movimiento, concluyendo que los objetos, en ausencia de fricción y arrastre, no requieren una aplicación de fuerza continua para mantenerse en movimiento. Galileo descubrió el principio de la inercia: toda la materia, debido a su masa, resiste a los cambios en el movimiento; cuanta más masa, más resistencia.

Isaac Newton, que nació el año en el que murió Galileo, avanzó con los descubrimiento de éste y otros colegas, proponiendo tres leyes básicas del movimiento.

In simple language, Newton's Laws of Motion:

First Law

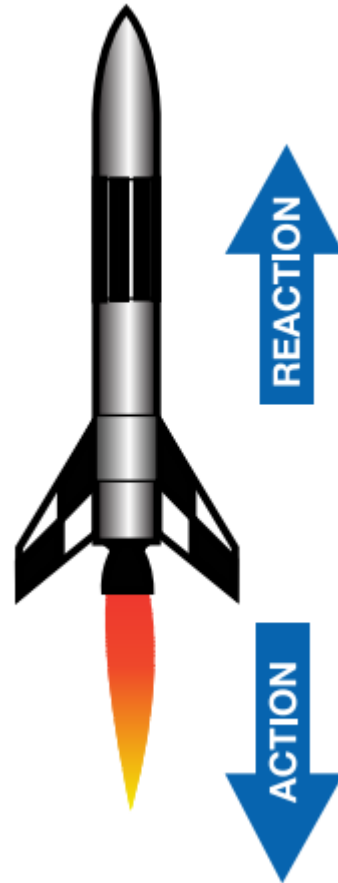
Objects at rest remain at rest and objects in motion remain in motion in a straight line unless acted upon by an unbalanced force.

Second Law

Force equals mass times acceleration (or $f = ma$).

Third Law

For every action there is an equal and opposite reaction.



Las Leyes de Newton: Principio de funcionamiento de los lanzadores

Estas leyes son la base de la ciencia de los lanzadores: entenderlas permite tener todo el conocimiento necesario para construir lanzadores exitosos, pero además se necesita saber aplicarlas:

- ¿Cómo se puede crear el empuje necesario para exceder el peso del cohete?
- ¿Qué combinación de materiales estructurales y propulsores se debe usar?
- ¿Cuál debe ser el tamaño del cohete?
- ¿Cómo hacer que el cohete vaya a donde se desea?
- ¿Cómo puede traerse el cohete de vuelta a la Tierra sin peligro?

Los cohetes lanzadores se clasifican de manera general en sólidos o líquidos. Producen el empuje mediante la combustión de productos propulsores fuera del motor. Estos propulsores son simplemente una combinación de combustible y oxidante. El oxidante para los propulsores sólidos es un elemento químico que contiene oxígeno y para los líquidos es generalmente oxígeno puro enfriado a 183° C para condensarlo en oxígeno líquido.

Los lanzadores actuales son de dos etapas, cada una de ellas proporciona propulsión de manera consecutiva para poder alcanzar la velocidad orbital requerida (los hay también de tres etapas y podría haber de una única etapa).

En el momento del despegue, la primera etapa es la responsable de acelerar el vehículo. La segunda etapa se separa de la primera y continúa el impulso hasta la órbita empleando su propia potencia. De este modo se consigue que la mayor parte de la masa seca del vehículo se despegue y no sea llevada a la órbita, lo que reduce el coste implicado en alcanzar la velocidad orbital puesto que la estructura y la masa del motor es eyectada. En la actualidad, empresas como la americana Space-X están trabajando en lanzadores con etapas reutilizables, como es el caso del Falcon-9 (que lanzó el satélite español de observación de la Tierra radar llamado PAZ) por lo que cuando se realiza la separación de las etapas éstas, que están equipadas con una especie de paracaídas, son recuperadas, con lo que se reduce el coste de los lanzamientos.

La cofia (Fairing) es el espacio en el que se ubican los satélites, en función de sus tamaños, una cofia puede albergar desde unos pocos a decenas de satélites que serán puestos en órbita en un único lanzamiento.



Esquema de un lanzador y momento de lanzamiento

Segmento Espacial

El Segmento Espacial es el satélite en si mismo. Se estructura en la plataforma o módulo de servicio, que incluye todos los elementos necesarios para que el satélite pueda vivir (tales como son los elementos de comunicación con tierra, los propulsores, los paneles solares, los sistemas térmicos, los de posicionamiento y actitud, etc) y la denominada carga de pago, esto es, el o los instrumentos principales que realizan la funcionalidad de la misión. Por ejemplo, en un satélite de Observación de la Tierra óptico (como es el satélite español Ingenio, cuyo lanzamiento está previsto para noviembre de 2020, éstos instrumentos son dos cámaras de fotos de tipo multiespectral y dos de tipo pancromático).

A continuación vamos a realizar un rápido recorrido por cada uno de los módulos principales del satélite.

MÓDULO DE PROPULSIÓN Y EMPUJE

El sistema de propulsión que lleva un satélite está determinado por la posición orbital que necesita alcanzar y por el tipo de misión. El lanzador dejará ubicado al satélite en una órbita superior o de escape, pero además el satélite puede llevar su propio módulo de propulsión para realizar un ajuste fino de órbita (en caso por ejemplo de que el lanzador no le haya dejado exactamente en la posición esperada) o porque en función de la misión, puede ser necesario que el satélite realice maniobras de mantenimiento de órbita (por ejemplo el satélite PAZ se tiene que mantener siempre dentro de un tubo de 250 metros de diámetro).

La mayoría de los satélites cuentan con sistemas de propulsión de hidracina y ruedas de inercia para controlar tanto la órbita como la actitud del satélite.

MÓDULO DE POTENCIA.

El satélite tiene que generar y distribuir la cantidad adecuada de potencia para que puedan funcionar todos sus instrumentos y módulos o subsistemas. El método más empleado para ello es mediante paneles solares, que convierten la luz solar en electricidad. El satélite se diseña para que sus paneles solares estén orientados siempre al Sol. Cuando la plataforma está en eclipse debido al paso de un objeto celeste o porque se gira el satélite para una operación de emergencia, se ha de emplear la energía almacenada en las baterías.

Puesto que las diferentes unidades que componen el satélite pueden requerir diferentes voltajes, puede ser necesario convertir y estabilizar el voltaje “bruto” producido por el panel solar antes de ser distribuido a las diferentes unidades o bien la conversión se realiza dentro de dichas unidades.

MÓDULO DE NAVEGACIÓN.

El sistema de navegación, denominado Control de Órbita y Actitud, es esencial para que el satélite pueda mantener su actitud, esto es, su orientación deseada. Esta capacidad es requerida para mantener los paneles solares apuntados hacia el Sol y los instrumentos apuntando a sus blancos específicos. El control de actitud se consigue mediante el uso de sensores de Sol y de estrellas, que tienen mapeados la posición con alta precisión de estos astros, por lo que detectándoles y mediante triangulación, se puede calcular la posición y orientación de la plataforma espacial.

Con ello, se requiere un sistema de propulsión y/o volante de inercia controlado por el software correspondiente que asegura que el satélite es movido o orientado

correctamente. En general, los cálculos de las maniobras son realizados en tierra, en el Segmento Terreno y transmitidos los comandos correspondientes al satélite.

MÓDULO DE COMUNICACIONES Y DATOS.

El sistema de comunicaciones y manejo de datos se encarga de recibir los telecomandos desde tierra y de transmitir a tierra los datos de telemetría, tanto de la que contiene los datos de los instrumentos, como los de salud del satélite (esto es, la denominada telemetría de HouseKeeping que son una serie de parámetros que monitorizan el estado del satélite para el control en tierra, como son sensores de temperatura, de posicionamiento y actitud, de niveles de baterías y propulsión, de estado de paneles solares, etc.). Incluye por tanto procesadores, sistema de memoria a bordo y conversores analógico/digital y digital/analógico.

Los comandos recibidos de tierra son almacenados y procesados. Pueden ser comandos de tiempo real, que tienen que se ejecutados en el momento en el que se reciben o time-tagged, esto es, que el propio comando incluye información del tiempo en el que se debe ejecutar.

Con respecto a los datos que se mandan a tierra, éstos también son procesados y encapsulados adecuadamente, incluyendo según el caso encriptación (para que una antena que no sea propia que esté escuchando en tierra no sea capaz de entender la información transmitida) y técnicas de corrección de errores, para que en caso de perderse paquetes de información en la transmisión satélite-Tierra, los datos perdidos puedan ser regenerados.

En general, es típico que las comunicaciones se realicen a diferentes frecuencias, por ejemplo, en satélite de Observación de la Tierra, los telecomandos y telemetría de salud se transmiten en Banda-S (la frecuencia de la señal está en el rango 2 -4 GHz) y la telemetría de las imágenes obtenidas, se transmiten al Segmento Terreno en Banda-X (de 8 a 12 GHz).

CARGA DE PAGO: INSTRUMENTO PRINCIPAL Y SECUNDARIOS.

La denominada carga de pago constituye el instrumento que permite la funcionalidad principal del satélite y la misión, que puede asimismo incorporar otros elementos secundarios.

Existen por tanto tantos tipos de instrumentos como tipos de misiones. Éstos los exploraremos más en el apartado TIPOS DE MISIONES: PARA QUÉ SE USAN LOS SATÉLITES.

Segmento Terreno

El Segmento Terreno está formado por todos los elementos existentes en tierra que permiten la comunicación con el satélite.

En función de la complejidad de la misión y de la versatilidad de los satélites, los Segmentos Terrenos serán más o menos complejos.

De manera general se necesitará al menos una antena para enviar al satélite las instrucciones de las actividades que se desean realizar (telecomando) y recibir del satélite los datos obtenidos por éste (telemetría). El tamaño de la antena debe ser lo suficientemente grande para poder tener la potencia necesaria para transmitir las señales la distancia entre la Tierra y el satélite (¡que pueden ser más de 36.000 km!)

Si pensamos en un satélite por ejemplo de observación de la Tierra, desde el Segmento Terreno, que orbita alrededor de la Tierra y puede obtener imágenes de distinto tamaño y resolución de cada punto de la Tierra, el Segmento Terreno debe tener los elementos necesarios para:

- Recibir de los usuarios las peticiones de imágenes deseadas.
- Calcular la planificación de las actividades que debe realizar el satélite en un periodo de tiempo dado.
- Convertir esta planificación en comandos que sean entendidos por el satélite.
- Transmitir esos telecomandos via la antena (estación terrena) al satélite cuando éste pase sobre la antena.
- Recibir del satélite en ese pase los datos (imágenes) que ha adquirido en el periodo entre el anterior contacto con la antena y el actual.
- Recibir los datos de telemetría de salud del satélite, monitorizarlos y evaluar tendencias. En caso de encontrar problemas, establecer protocolos de actuación que se pueden traducir en mandar comandos a bordo.
- Medir la calidad de los datos conocidos, para establecer si el funcionamiento del sistema está siendo el esperado o si hay que realizar actuaciones para mejorarlo.
- Procesar esos datos para convertirlos en imágenes que sean almacenadas en el archivo de la misión y distribuir las a los usuarios que las han solicitado.

En misiones complejas, es habitual que existan más de una antena (estación terrena) desplegada en diferentes puntos del planeta, para de este modo aumentar el número de contactos con el satélite y de este modo aumentar la capacidad de la misión.

Segmento Usuario

El Segmento Usuario está formado por nosotros, los consumidores finales de los datos que son proporcionados por los satélites.

En algunos casos el usuario será un iniciador de la actividad del satélite, como puede ser el solicitar a una misión de Observación de la Tierra el obtener una imagen de una zona específica (por ejemplo Madrid) en un momento específico (por ejemplo cada primero de mes).

En otros casos el usuario es el receptor del servicio. Este es el caso de los satélites de navegación, nosotros recibimos los datos de los satélites en nuestros móviles sin necesidad de solicitarlos.

Tipos de Misiones: para qué se usan los satélites

Ahora conocemos más acerca de los satélites, como se ponen en órbita y que componentes forman las misiones. Pero, ¿por qué son importantes los satélites? ¿Cuál es su utilidad y su aplicación en las actividades que realizamos a diario?

Esta sección presenta una clasificación de los tipos más significativos de misiones satélite y sus aplicaciones.

Satélites de Comunicaciones

Los satélites de Comunicaciones son el pilar de la industria espacial. Han experimentado un enorme crecimiento en la primera década del siglo XXI, de forma que actualmente hay más de 300 satélites de comunicaciones en la órbita geoestacionaria.

De manera general los Satélites de Comunicaciones permiten generar un canal de enlace que conecta varios puntos en la Tierra. Es decir, podemos conectar por ejemplo por teléfono dos puntos de la Tierra ubicados en lugares remotos sin necesidad de que existan cables.

Los primeros satélites de comunicaciones fueron lanzados a principios de los años 60 del siglo pasado. En estos inicios sus prestaciones eran muy limitadas, por lo que el tamaño de las antenas de las estaciones terrenas tenía que ser muy grande, con antenas de más de 20 metros de diámetro para poder establecer el enlace tierra-satélite. Su uso inicial

estaba limitado a la telefonía de larga distancia y al transporte de señal de televisión entre estudios.

En la década de 1990, ya dos de cada tres llamadas de teléfono intercontinental se transmitían a través de satélites.

En la actualidad, tanto la mejora en el desarrollo de componentes, que permiten más potencia, como el uso de frecuencias más elevadas, que reduce el tamaño de las antenas de tierra, ha permitido el uso generalizado de las comunicaciones por satélite. En el inicio del siglo XXI, más de 100 millones de casas en Europa recibían en sus casas la señal de televisión a través de satélite, bien mediante recepción directa o a través de sistemas de distribución por cable.

Los satélites de comunicaciones funcionan como un relé, esto es, reciben una señal desde tierra y la retransmiten a otra antena en tierra, por lo que permiten por lo tanto comunicar puntos en la Tierra que están separados.

Es por ello que los satélites de comunicaciones realizan funciones que en principio las ejercían antenas en tierra, pero salvando las problemáticas que existen de poner antenas en puntos de orografía complicada (por ejemplo zonas montañosas en las que la 'sombra' de las montañas dificulta que se retransmitan las señales electromagnéticas) o de difícil acceso (por ejemplo, ¿cómo podemos tener internet o televisión o teléfono cuando se está en alta mar o en mitad de un desierto?)

Existen fundamentalmente tres tipos de servicios de comunicación que este tipo de satélites pueden proporcionar: telecomunicaciones, radiodifusión o broadcasting y comunicaciones de datos.

- Satélites para servicio de Comunicación Móvil. Para dar servicio a usuarios cuya localización cambia constantemente (barcos, plataformas marinas, aviones, automóviles). Los equipos de comunicación terrestres tienen antenas capaces de mantener el contacto con el satélite (tracking o seguimiento de forma que la antena se mueve para estar siempre orientada al satélite)
Servicio proporcionado por satélites GEO y LEO.
- Satélites para servicio de Radiodifusión, Comunicación Fija y Banda Ancha. Proporcionan servicio de transmisión y recepción de Televisión, de telefonía, de radio y de datos. Estos servicios son prestados por satélites Geoestacionarios.
 - o La televisión por satélite es uno de los principales usos de los satélites de comunicaciones. Permite una cobertura global y con independencia

de la orografía del terreno. Mayor oferta de canales. Solución triple play: telefonía, internet y televisión por satélite con el mismo operador.

- Internet. El satélite es la alternativa perfecta para hacer llegar internet a áreas remotas o subdesarrolladas. La empresa SpaceX está implementando el sistema Starlink que permite el Acceso a Internet de Alta velocidad en cualquier punto del planeta. Para ello están poniendo en operación una mega-constelación que estará formada por entre ¡12.000 y 42.000 satélites! A día de hoy el servicio de internet global de alta velocidad están en fase de pruebas, con un total de 538 satélites en operación.



Constelación Starlink fotografiada desde tierra (© Sky and Telescope)

Además de estos usos principales, existen infinidad de usos específicos como los sistemas de comunicaciones bancarias, comunicaciones de oficinas de correos en regiones remotas o control de oleoductos y gasoductos.

Cada vez más, los satélites de comunicaciones están usándose para la tele-educación, telemedicina o sistemas de conferencia (este uso se ha puesto de manifiesto en los últimos meses impulsado por el cambio de paradigma tanto en el entorno laboral como en el escolar surgido a partir de la crisis provocada por la enfermedad COVID-19).

Los satélites de comunicaciones también contribuyen a una amplia variedad de requisitos institucionales como son el soporte en situaciones de emergencia donde las comunicaciones terrestres pueden estar cortadas, o el apoyo al desarrollo en regiones menos favorecidas.

Sabías que...

España cuenta con los satélites de comunicaciones en órbita Geoestacionaria Xtar-Eur (lanzado en 2005) y SpainSat (lanzado en 2006), que dan servicio de Comunicaciones Seguras a ministerios y organizaciones gubernamentales, como son: Ministerio de Defensa, Ministerio de Asuntos Exteriores, Ministerio del Interior y Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Son ejemplo de comunicaciones seguras las comunicaciones de acción exterior del estado. Existe de este modo una comunicación segura vía satélite entre el Ministerio de Asuntos Exteriores y más de 25 embajadas y sedes consulares de España en países estratégicos. También se prestan servicios de comunicaciones seguras en proyectos del Ministerio del Interior para vigilancia de fronteras, como es el caso del proyecto “Blue Sahel” enfocado a la lucha contra la inmigración irregular, el tráfico de drogas y el terrorismo.

Además, se han prestado servicios a la UME (Unidad Militar de Emergencias), en casos de emergencia y desastres naturales y a otros organismos como el CNI (Centro Nacional de Inteligencia), la Guardia Civil y el CSIC, en el ámbito de actividades de investigación científica como el buque de Investigación Oceanográfica (BIO) Hespérides de la Armada española.

Además, la empresa HISPASAT es la operadora española de satélites de comunicaciones, líder en la distribución de contenidos en español y portugués. Y que proporciona servicios audiovisuales (televisión y radio vía satélite en hogar) y de datos (acceso a internet, voz IP, videoconferencia y telefonía).

Satélites Meteorológicos.

La meteorología es la ciencia interdisciplinaria, de la física de la atmósfera, que estudia el estado del tiempo, el medio atmosférico, los fenómenos producidos y las leyes que lo rigen. Uno de los aspectos más importante en la meteorología son las observaciones, que

permiten conocer los datos del estado actual, así como ser empleadas en modelos numéricos para conocer las predicciones del tiempo.

Las observaciones pueden realizarse in situ, mediante estaciones meteorológicas más o menos complejas o de manera remota (mediante teledetección), bien mediante teledetección terrestre mediante redes de detección de las descargas eléctricas de rayos y de radares terrestres que permiten estimar la estructura de la precipitación y del viento radar y teledetección vía satélite.

Los satélites meteorológicos por su posición, permiten de manera privilegiada observar la situación meteorológica en el conjunto del planeta. Sin embargo, hay que tener en cuenta que lo que miden es la radiación que llega al sensor. Estas medidas, teniendo en cuenta el tipo de sensor y el rango de frecuencias de la radiación medida, pueden transformarse en variables meteorológicas como son la temperatura, viento, precipitación, etc. y realizar un estudio y estimación de las mismas.

Los primeros satélites meteorológicos fueron posicionados en las órbitas terrestres bajas (LEO). Sin embargo, en la primera serie de satélites meteorológicos experimentales lanzados por la NASA (los TIROS) se apreciaron las ventajas de la órbita polar, con una inclinación muy cercana a los 90º, por lo que los satélites pasan muy cerca de los polos y proporcionan muy buena cobertura de los mismos.

Además, también hay satélites meteorológicos en órbita geoestacionaria, que son mucho más conocidos. En Europa, los satélites que “observan” nuestras longitudes geográficas son los conocidos satélites Meteosat

Aunque la meteorología para nosotros a veces se ve reducida a ver en el telediario o consultar en la aplicación del móvil la previsión del tiempo para seleccionar qué ropa ponernos mañana, el uso operativo de los satélites meteorológicos es muy amplio, abarcando, entre otros:

- **Bandas en el visible.** Instrumentos que detectan albedos: radiación emitida por el sol y reflejada por la superficie terrestre o los toques nubosos. Se ven poco o nada afectadas por las absorciones de los gases presentes en la atmósfera. La información se representa en tonos de gris, siendo las zonas con mayor albedo las que se ven más claras. El inconveniente es que no disponen de información en ausencia de radiación solar. La banda del visible más utilizada es la HRVIS o visible de alta resolución. Permite detectar: a estructura de los toques nubosos, a detección y seguimiento de nieblas durante el día, clasificar los distintos tipos de nubes, detección de calimas y nubes de humo.

-
- Bandas ventana en el infrarrojo cercano y en el infrarrojo térmico. Proporcionan información sobre la temperatura de la superficie y los toques nubosos.
 - Bandas de absorción en el infrarrojo (IR) térmico. Que ofrecen información de absorción de ozono, de absorción de CO₂, de la presencia de vapor de agua en la atmósfera y sobre su movimiento.
 - Productos derivados para predicción operativa, esto es, la que nos permite saber qué tiempo va a hacer mañana.

Sabías que...

Aunque cuando vemos la previsión del tiempo en televisión vemos que la información meteorológica la ha dado el satélite Meteosat, en realidad no hay un único satélite.

Meteosat es en realidad el nombre del programa meteorológico europeo en órbita GEO.

El Meteosat-1 fue el primer satélite meteorológico, que se lanzó el 23 de noviembre de 1977 y dado el éxito del programa y la utilidad de los datos, se ha continuado poniendo en órbita satélites de este tipo en Europa, bajo el paraguas de la EUMETSAT (la agencia europea para servicios operacionales meteorológicos por satélite) y la ESA (Agencia Espacial Europea).

De este modo se lanzaron los siguientes satélites (con capacidades incrementales y mejoradas) y asegurando la continuidad de servicio según los satélites iban finalizando su vida útil):

- Meteosat primera generación: Meteosat-1 (en 1977), Meteosat-1 (en 1981), Meteosat-3 (en 1988), Meteosat-4 (en 1989), Meteosat-5 (en 1991), Meteosat-6 (en 1993) y Meteosat-7 (en 1997)
- Meteosat segunda generación: Meteosat-8 (en 2002), Meteosat-9 (en 2005), Meteosat-10 (en 2012), Meteosat-11 (en 2015), Meteosat-5 (en 1991), Meteosat-6 (en 1993) y Meteosat-7 (en 1997)
- Meteosat tercera generación, dará arranque a partir de 2022, estando planificado el lanzamiento de 6 satélites.

Satélites de Navegación

Los satélites de navegación permiten proporcionar en tierra en un punto y lugar determinado el conocimiento preciso de la posición, el tiempo, así como información de navegación (esto es, como llegar de una posición a otra).

Para conseguir este servicio, Estados Unidos ha implementado el sistema GPS (Global Positioning System, el más conocido por todos y que da nombre al servicio), Rusia el sistema GLONASS y Europa el sistema Galileo (que comenzó a ser concebido en la década de 1990). Galileo proporciona a Europa independencia de servicio, asegurando la disponibilidad de las aplicaciones y servicios. Los receptores pueden recibir señales de todos los satélites de navegación con independencia del sistema al que pertenezca, lo que proporciona más precisión en la localización.

Además, China, Japón e India también han desarrollado sus propios sistemas de navegación.

En el año 2020 se ha vivido la explosión de satélites de navegación, que dan lugar a más disponibilidad de servicios, y precisión, lo que responde a las demandas de los usuarios.

Los sistemas de navegación dan soporte a aplicaciones tanto empresariales como personales, incluyendo aplicaciones del sector bancario, comunicaciones, suministro de energía, transporte, aviación y seguridad humana (además de que nos permitan tener la ubicación en el WhatsApp y poderla compartir con nuestros amigos para que sepan donde estamos o por donde vamos o saber cómo ir al restaurante más recomendado de la playa en Google Maps).

¿COMO FUNCIONA LA NAVEGACIÓN POR SATÉLITE?

Los satélites de navegación envían señales que son captadas por los receptores (reloj con el que corres o andas, teléfono, navegador del coche...). La señal transmitida da información del tiempo y posición.

Para conseguir tener una información precisa del tiempo y posición del usuario se necesita tener información de al menos cuatro satélites. Si se recibe información de más satélites, más precisa será el cálculo de la posición. Por ello la mayoría de dispositivos combinan la recepción de la señal de las diferentes constelaciones, para de este modo mejorar la precisión de la medida proporcionada.

Es decir, cuando queremos determinar la posición exacta de alguien o algo, el receptor que utilizamos debe localizar como mínimo cuatro de estos satélites de la red, de los cuales recibirá unas señales indicando la identificación y hora del reloj de cada uno de ellos y la información sobre la constelación. En base a estas señales, el receptor sincroniza su propio reloj con el tiempo del sistema de navegación (GPS o GLONASS o GALILEO) y calcula el tiempo que tardan en llegar las señales al equipo para calcular la distancia con el satélite. A continuación, teniendo en cuenta la velocidad de la señal y mediante el método de trilateración inversa, calcula su propia posición.

Sabías que...

Galileo es el sistema europeo de radionavegación y posicionamiento por satélite desarrollado por la Unión Europea (UE) conjuntamente con la Agencia Espacial Europea. De este modo se ha logrado que la Unión Europea de una tecnología independiente del GPS estadounidense y del GLONASS ruso. Al contrario de estos dos, es de creación, gestión y uso civil. El sistema se puso en marcha el 15 de diciembre del 2016 con alrededor de media constelación de los satélites que lo componen.

Galileo va a estar formado por un total de 30 satélites: 24 operacionales y 6 de reserva.

En tierra cuenta además con:

- 2 centros de control, para verificar el buen funcionamiento de los satélites y que generan correctamente los datos de navegación que se envían a los satélites y de allí a los usuarios, además sincronizan la señal de tiempo de los satélites.
- 5 estaciones terrestres, para recibir los datos de salud de los satélites y monitorizarlos
- 5 estaciones de subida para mandar señal de navegación
- Al menos 16 estaciones de control para recibir y monitorizar las señales de navegación de la constelación.

A fecha de septiembre de 2020 se han realizado 26 lanzamientos (el próximo previsto para finales de 2020). De los cuales hay 22 operativos, 2 no disponibles por problemas en la carga de pago y 2 en estado de test porque el lanzador los ubicó en una órbita incorrecta.

Misiones de Observación de la Tierra

Las misiones por satélite de Observación de la Tierra permiten obtener información a distancia (teledetección) de las características físicas, químicas y biológicas de nuestro planeta. Implica tanto la monitorización como la evaluación de los cambios, del entorno natural y del realizado o modificado por el hombre. El ser humano siempre ha mostrado curiosidad por conocer el entorno en el que vive.

Se considera que la observación a distancia espacial se inició con el primer astronauta que fotografió la Tierra desde una nave espacial. El interés por conocer nuestro planeta ha sido siempre una constante en la humanidad, aunque vivimos en él muchos son sus misterios.



The Blue Marbel

The Blue Marble es el nombre que dio la NASA a una de las fotografías más icónicas de nuestro planeta. Fue obtenida por los astronautas del Apolo 17 en misión tripulada hacia la Luna, el 7 de diciembre de 1972, 5 horas después del lanzamiento). Es una de las pocas fotografías que muestran la Tierra completamente iluminada, puesto que los astronautas tenían el Sol detrás de ellos cuando fue obtenida. Para los astronautas, que estaban a 29.000 kilómetros de distancia, la Tierra tenía la apariencia y tamaño de una canica de vidrio (de ahí el nombre).

De una manera genérica, los objetivos que se persiguen con la Observación de la Tierra son el lograr un mayor conocimiento de la Tierra para proporcionar evidencias que apoyen a la toma de decisiones, así como a la monitorización de su progreso en todas las escalas, orientado, entre otros,

- Al estudio del Cambio Climático, incluyendo:
 - estudio de la atmósfera, que abarca, entre otros el estudio del vapor de agua, temperatura del aire, viento (velocidad y dirección), propiedades de las nubes, precipitaciones, radiación terrestre, composición del aire o estudio del ozono.
 - los océanos, cubriendo, entre otros, el estudio de la temperatura de la superficie del agua, de su salinidad, del nivel de agua, del estado del mar o de las características del hielo
 - las zonas terrestres, incluyendo el estudio de las cubiertas vegetales y de bosques y cultivos, de las aguas subterráneas y lagos y ríos, del permafrost, la humedad del suelo, la biomasa o los incendios.
- A la Reducción del Riesgo de Desastres naturales o provocados por el hombre, tales como:
 - cartografía de riesgos / exposición al riesgo (evaluación de la probabilidad del riesgo, elementos expuestos, vulnerabilidad, ...)
 - monitorización de infraestructuras críticas (deformaciones, subsidencias)

-
- alerta temprana (por ejemplo, ante el riesgo inminente de ciclones tropicales, deslizamiento de tierras o erupción de volcanes)
 - respuesta a los desastres y soporte a la reconstrucción (análisis de la extensión del daño y de áreas seguras / no seguras)
 - Al Desarrollo Sostenible, dando soporte a:
 - agricultura sostenible
 - recursos hídricos
 - crecimiento de las ciudades
 - calidad del aire
 - recursos marinos

Para la teledetección se pueden emplear sensores a distancia, ubicados en distintos puntos del terreno que se quiere controlar o estudiar o teledetección mediante satélites.

Los satélites, como orbitan alrededor de nuestro planeta tienen la ventaja de poder obtener información de todos los puntos de nuestro planeta (algunas áreas son de difícil acceso para el hombre o es difícil instalar sensores: aguas abiertas, cumbres de montañas, glaciares, etc.) y además permiten tener un tiempo de revisita muy pequeño, es decir, que pueden tener datos de una misma región con una frecuencia muy elevada.

Para conseguir los objetivos identificados anteriormente de Observación de la Tierra se desarrollan distintos tipos de instrumentos (o sensores) que son embarcados en los satélites. Cada satélite de Observación puede incluir uno o más de estos sensores)

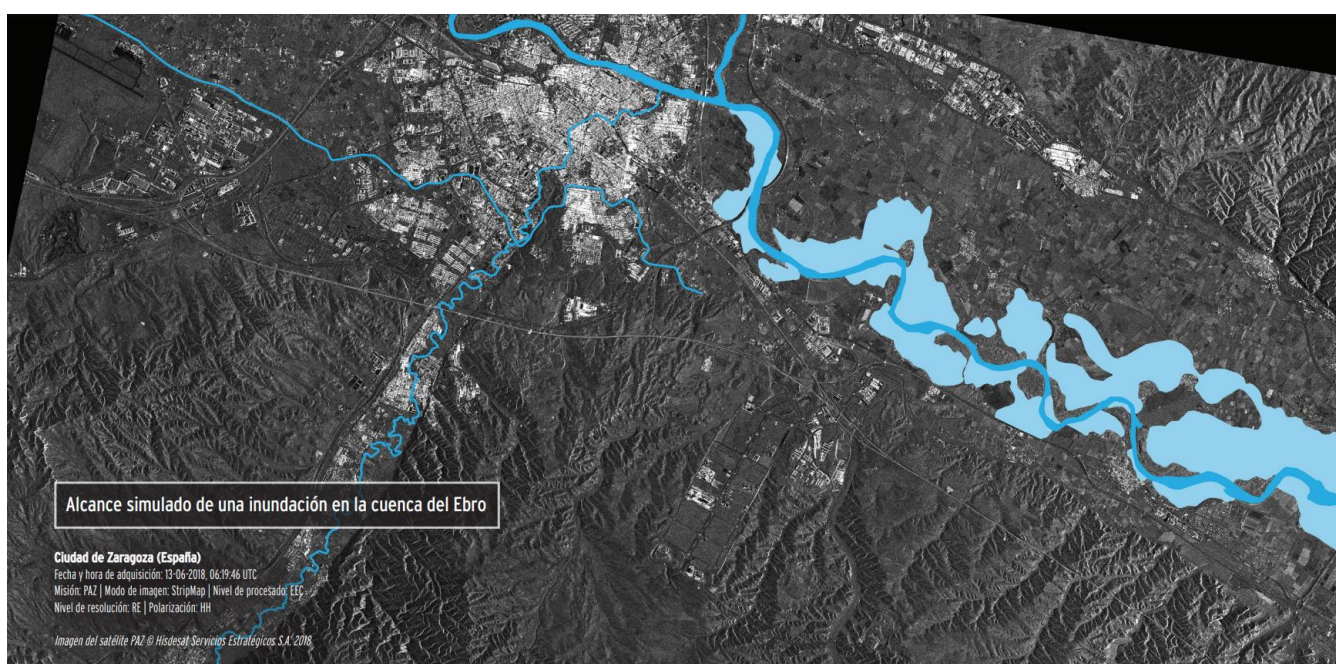
Algunos de los tipos de sensores existentes son:

- Sensores ópticos, abarcando instrumentos ópticos de alta resolución (Pleiades), óptico multi-espectral visible- infrarrojo (satélite Ingenio), hiperespectrales (satélite PRISMA)
- Sensores multi-espectrales pasivos (satélite SMOS)
- Radar de Apertura Sintética (satélite PAZ, TerraSAR, RADARSAT, Sentinel-1...)
- Lidar: Medidor de distancia mediante haz de láser pulsado (Satélite AEOLUS)
- Medidores de gravedad y campo magnético (Satélite GOCE)
- Instrumento para estudio químico de la atmósfera (satélite Sentinel 5P)
- Sondas de estudio de humedad y temperatura atmosférica (satélite Aqua)
- Radares de estudio de precipitación y estructura de las nubes (satélite GPM)
- Radiómetros para el balance de radiación terrestre (satélite MSG-4)
- Y un largo etc.

Sabías que...

España cuenta desde el año 2007 con un Programa Nacional de Observación de la Tierra por Satélite (PNOTS), con el objetivo de dotar a nuestro país de un conjunto de satélites para observar el territorio nacional y todo el planeta. De este modo se aprobó el desarrollo y lanzamiento de los satélites SAR PAZ (lanzado el 22 de febrero de 2018) y óptico INGENIO (cuyo lanzamiento está previsto para finales de 2020).

El control de ambos satélites se ubica en las instalaciones del Centro Espacial INTA Torrejón, en Madrid.



Aplicación de uso de imagen de PAZ para determinar el alcance de inundaciones

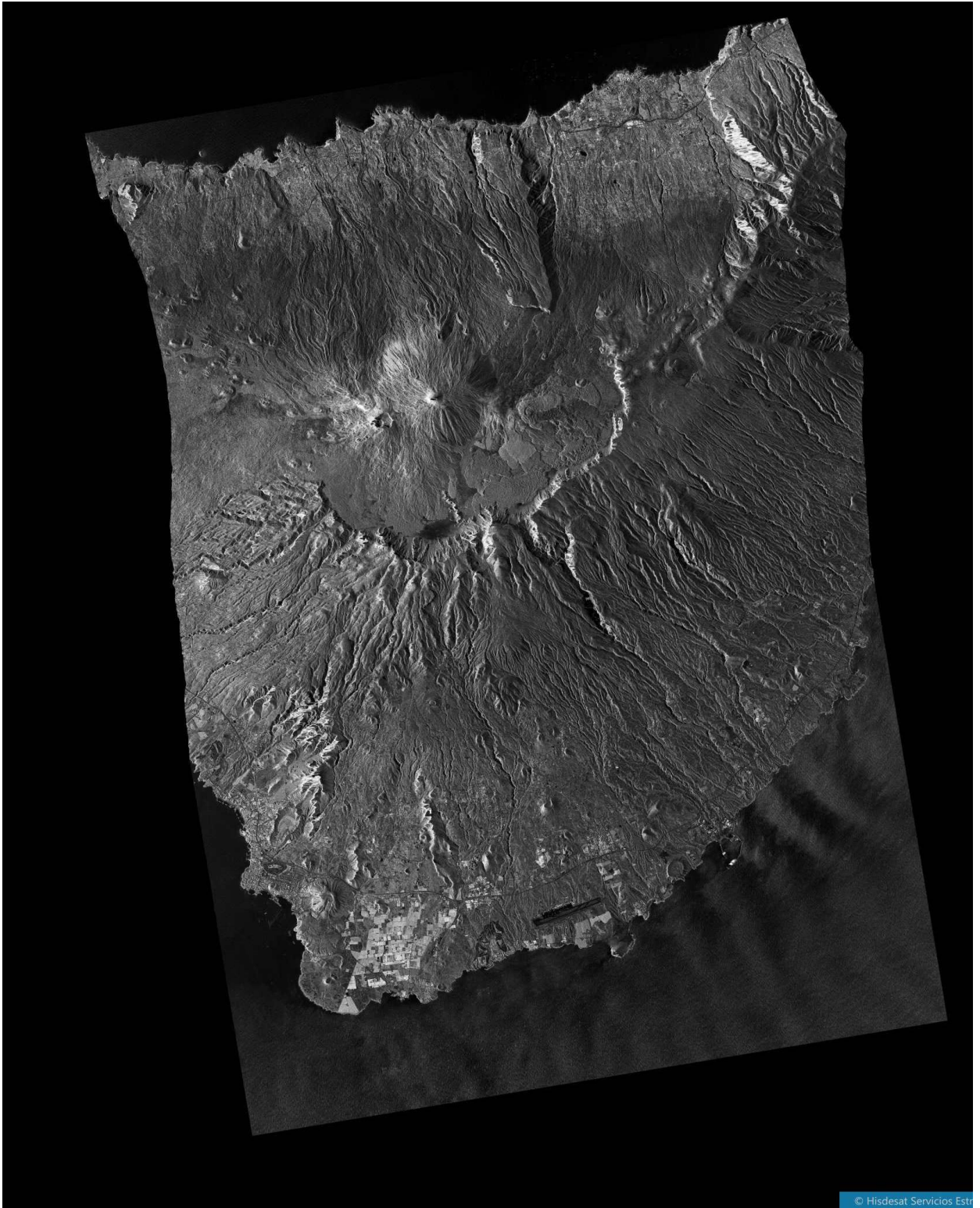


Imagen radar de Tenerife obtenida por el satélite PAZ

Misiones Científicas

Dentro de la agrupación de misiones científicas se incluyen todas aquellas misiones en las que trabajan de forma conjunta científicos, tecnólogos, agencias espaciales nacionales o internacionales y empresas de la industria espacial, con el objetivo de lograr descubrimientos e innovación en muy diversos ámbitos.

Tal es la importancia de este tipo de misiones que las agencias espaciales (como la Agencia Espacial Europea o la NASA) dedican un apartado muy importante de su presupuesto al fomento de las mismas.

Las misiones científicas pueden clasificarse en función de los objetivos que persiguen, pudiendo distinguir entre otras:

- **Misiones astrofísicas.** Misiones que estudian las estrellas, las galaxias, los agujeros negros, etc.

Estudian estos objetos captando la radiación que emiten, empleando telescopios, cámaras y diferentes tipos de detectores. Suelen incorporar lentes-espejo gigantes, que recogen la luz de objetos astronómicos distantes. Cuanto mayor es el espejo, más luz pueden recoger, por lo que se puede ver con mejor precisión los objetos. Para ello, el espejo tiene que estar perfectamente pulido, puesto que cualquier imperfección alteraría la observación. Cuando la luz procedente de un objeto (como por ejemplo la luz procedente de una estrella) incide sobre este espejo, ésta es dirigida hacia un espejo secundario más pequeño donde es enfocada y dirigida hacia los instrumentos. Aquí, la luz es detectada y analizada y los resultados son registrados en el ordenador de a bordo y transmitidos a Tierra.

Dentro de este grupo encontramos el satélite CHEOPS, lanzado en diciembre de 2019, del que hablaremos más adelante y cuyo objetivo es la caracterización de exoplanetas o el telescopio HUBBLE, que desde su lanzamiento en 1990 ha ayudado a comprender (y actualizar) la comprensión del universo.

- **Misiones de estudio del Sistema Solar.** Estas misiones emplean satélites que orbitan alrededor de un planeta con el objetivo de entenderlo al máximo. Este tipo de satélites incluyen una amplia variedad de instrumentos para poder registrar información de parámetros como la composición de la atmósfera, de la superficie y de la sub-superficie. La carga principal puede incluir cámaras para adquirir imágenes, espectrómetros para determinar la composición química de

la superficie del planeta y la atmósfera, radar para conocer la sub-superficie e instrumentos para estudiar la forma en la que el planeta interactúa con el campo magnético solar.

Un ejemplo de este tipo de misión es BepiColombo; misión conjunta de la Agencia Espacial Europea (ESA) y la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA) al planeta Mercurio. Comprende dos satélites que se lanzaron juntos en octubre de 2018: el Mercury Planetary Orbiter y el Mercury Magnetospheric Orbiter. La misión llevará a cabo un estudio exhaustivo de Mercurio incluyendo su campo magnético, su magnetosfera, su estructura interna y su superficie. Su puesta en órbita alrededor de Mercurio está prevista el 5 de diciembre de 2025.

- **Misiones para el estudio de fundamentos físicos.** El objetivo de estas misiones es, entre otros, encontrar los límites de la relatividad general, las constantes fundamentales, reglas de física cuántica o estudio de rayos cósmicos.

Como ejemplo, la misión de la ESA Lisa Pathfinder, cuyo satélite se lanzó en 2015, buscaba la validación en vuelo de un método completamente nuevo y no probado hasta el momento para observar el Universo. Las ondas gravitatorias son ondulaciones en el tejido espacio-temporal que se mueven a la velocidad de la luz y que están causadas por la aceleración de objetos masivos (como agujeros negros o supernovas). El Lisa Path Finder fue una misión completamente exitosa al estar equipado con una tecnología capaz de medir por primera vez lo predicho teóricamente por Albert Einstein hace más de un siglo.

El Centro Espacial INTA Torrejón (CEIT) del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial

En este último apartado me gustaría hablaros de la actividad en el campo de los satélites que realizamos en mi lugar de trabajo: el Centro Espacial INTA Torrejón, ubicado en la sede principal del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA).



El CEIT

El Centro Espacial de INTA Torrejón es una instalación con las últimas innovaciones tecnológicas que les permiten abordar todas las tareas necesarias en la vida útil de un satélite. Los servicios que se proporcionan desde el Centro son:

- Operación y mantenimiento de estación de seguimiento,
- Telemetría y telecomando (TTC)
- Operación y Mantenimiento de Centros de Control
- Gestión de peticiones de datos de observación
- Recepción, archivo, procesado y diseminación de datos de observación de la Tierra
- Dinámica Orbital y Planificación de Misión
- Calibración y Validación de Sistema de Observación de la Tierra RADAR
- Hosting de Sistemas

- Gestión global de proyectos de Segmento Terreno: establecimiento de requisitos, diseño, validación y puesta en operación

En la actualidad el CEIT alberga el Segmento Terreno completo de los satélites PAZ e INGENIO, el Centro de Control de Misión del satélite CHEOPS (en cuya funcionalidad se ahondará en el siguiente apartado), así como el centro de control de la misión meteorológica METOP.



Parte del equipo de trabajo del CEIT

La misión PAZ

PAZ es un satélite de Observación de la Tierra cuyo instrumento de observación es un SAR: Radar de Apertura Sintética. El SAR es un sensor activo, que ‘ilumina’ la zona de terreno de la que se quiere obtener la imagen transmitiendo pulsos de señal en el rango de las microondas. Estas señales inciden en el terreno, que, en función de sus características, absorberán una parte y reflejarán otra hacia el satélite, que capta esta señal de retorno. La señal captada por el satélite es transmitida al Segmento Terreno, donde es procesada para obtener una imagen de la zona de datos adquirida.

Este funcionamiento hace que se puedan adquirir imágenes del terreno tanto de día como de noche (no se requiere la iluminación solar puesto que el funcionamiento está basado en la propia iluminación que realiza el sensor) y con independencia de las condiciones meteorológicas (las señales del espectro electromagnético que se transmiten son capaces de atravesar sin prácticamente atenuación la cobertura nubosa), por lo que se pueden obtener imágenes, aunque esté nublado o aunque haya humo. De este modo el SAR es un sensor muy útil para ser empleado en situaciones de emergencia como puede ser el caso de inundaciones o incendios, en los que la cobertura nubosa o de humo hacen que no sean visibles las imágenes adquiridas con un sensor óptico.



El satélite PAZ

De una manera muy simplificada, el funcionamiento es el siguiente: El satélite orbita dando vueltas a la Tierra continuamente. En el Segmento Terreno ubicado en INTA, se reciben las peticiones de los usuarios que desean obtener imágenes de un lugar concreto del planeta, en un momento concreto. Como se pueden recibir muchas peticiones que pueden resultar en conflicto entre ellas (si se adquiere una, no se puede obtener la otra) cada petición tiene un identificador de prioridad en función de parámetros como el tipo de usuario, la prioridad de la toma o el momento en el que se ha recibido la petición. Con ello, se realiza una planificación con lo que se obtienen las tomas que el satélite es capaz de realizar en un periodo de tiempo definido en el sistema. Esta planificación es

transformada a comandos que entiende el satélite y enviados a él a través de la Estación Terrena. Los momentos en los que se transmiten estos comandos es justamente cuando el satélite pasa sobre la antena (PAZ pasa cuatro veces sobre la antena de Torrejón de Ardoz, Madrid, dos veces alrededor de las 7 de la mañana y dos alrededor de las 7 de la tarde). Los comandos son recibidos por el satélite y almacenados en su memoria. Incluyen el tiempo de ejecución, por lo que cuando llega ese tiempo, los instrumentos del satélite se activan y comienzan a adquirir los datos, que son también almacenados en la memoria de a bordo. Cuando se realizan los pases sobre la Estación Terrena, PAZ no solo recibe los comandos con las instrucciones, sino que transmite sus datos almacenados (de imágenes previamente adquiridas y de salud). Estos datos son recibidos en el Segmento Terreno y procesados y formateados adecuadamente, de forma que se obtienen los productos imagen que son entregados a los usuarios que los han solicitado. Las imágenes también son almacenadas en el archivo y catálogo de la misión, ubicados en el Segmento Terreno del CEIT, de forma que los usuarios también pueden acceder a productos pasados, por lo que se pueden hacer series temporales, comparaciones, etc.

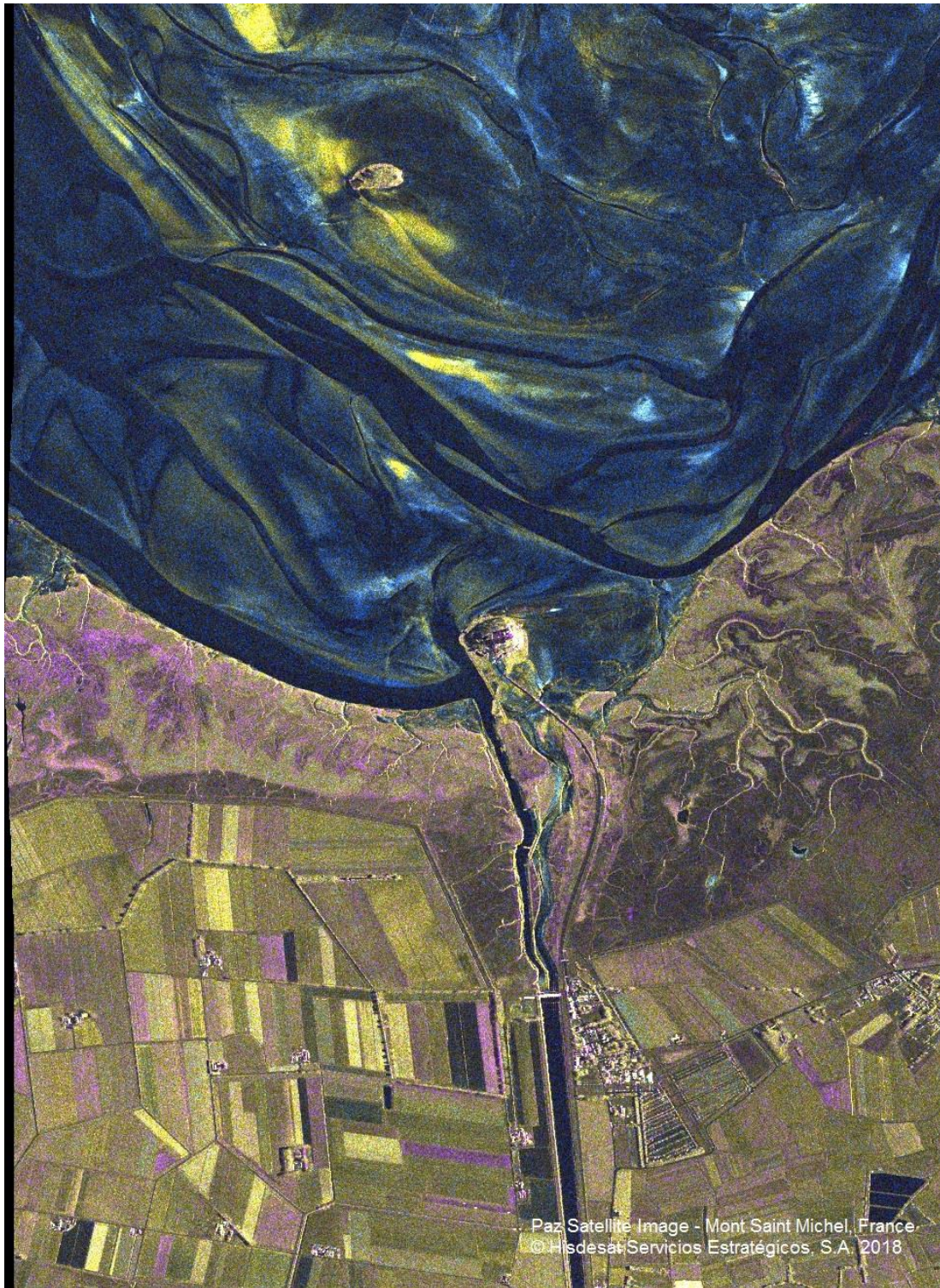


Imagen del Mont Sant Michel obtenida por PAZ

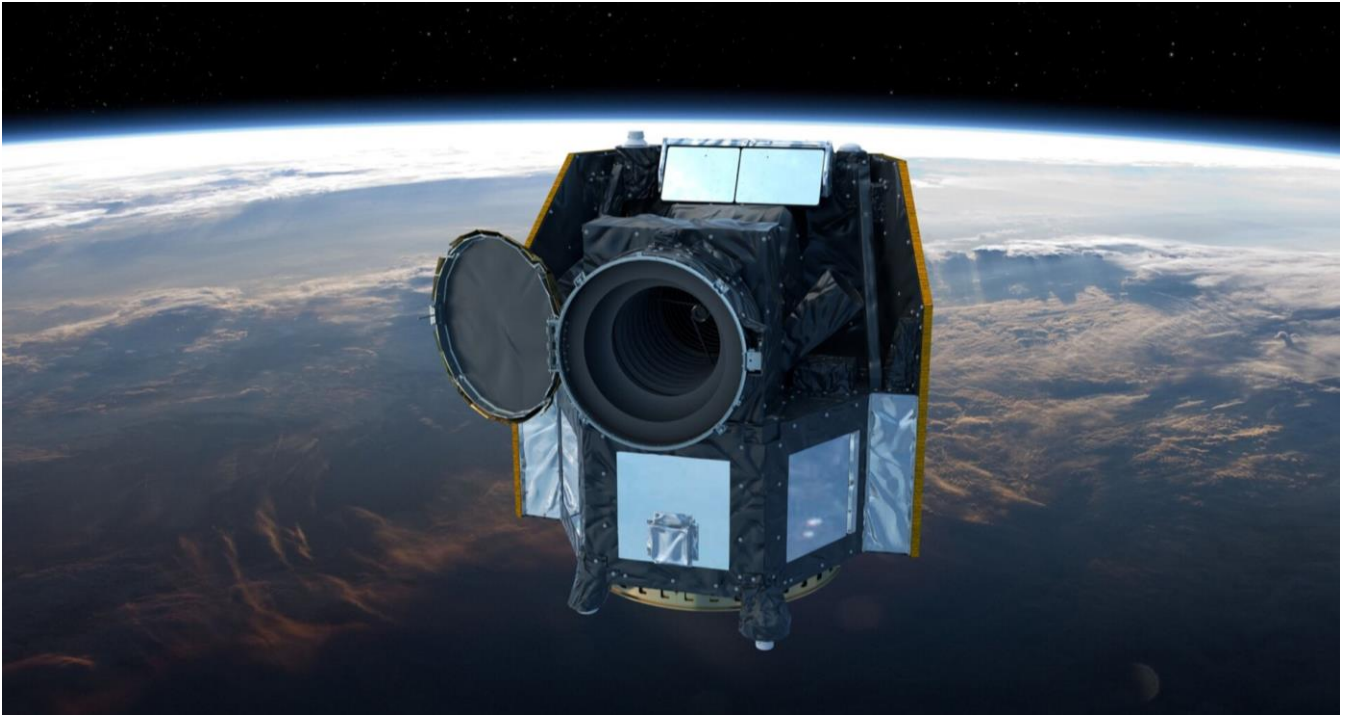
Los componentes del satélite una vez puesto en órbita no pueden ser reparados, por lo que se diseña y construye de forma muy robusta (por ejemplo, incluyendo elementos redundantes de manera que si uno se rompe se puede configurar la operación del segundo) Se estima que la vida útil de PAZ sea de al menos 7 años, aunque esperamos

que PAZ cumpla muchos más años! Su hermano mayor, el satélite alemán TerraSAR-X fue lanzado en junio de 2007 y a día de hoy (en septiembre de 2020) continúa funcionando perfectamente.

Aún así, lo que sí se puede cambiar desde el Segmento Terreno es la configuración de ciertas maneras de funcionar del instrumento. Esto, unido al hecho de que los elementos del Segmento Terreno sí se pueden modificar, permiten tener mejoras de los productos finales a lo largo de la misión. PAZ es capaz de obtener imágenes con distintos tamaños (desde 5 x 5 km a 270 x 200 km) y con distinta resolución (desde 25cm hasta 18.5 metros). Cuanto mayor es el tamaño de la imagen, peor es la resolución de los píxeles. En este año 2020 se ha realizado una actualización de la configuración del satélite para obtener dos nuevos modos de imagen, uno de mejor resolución y otro de mejor cobertura y estamos trabajando actualmente en las actualizaciones de todos los elementos del Segmento Terreno para poder ofrecer esos nuevos productos a los usuarios de PAZ.

La misión CHEOPS

CHEOPS es el nombre en inglés del faraón (conocido en español como Keops) que ordenó la construcción de la mayor y más antigua de las 3 pirámides de Guiza en Egipto alrededor del año 2500 a.C.. Pero también es el nombre de una misión científica de la ESA. El nombre es en realidad un acrónimo: CHaracterising ExOPlanet Satellite. Es muy habitual en las misiones espaciales buscar un nombre que llame la atención, aunque como se ve haya que forzar un poco las siglas.



El satélite CHEOPS ©ESA

El satélite CHEOPS, lanzado el 18 de diciembre de 2019 tiene como objetivo la observación y caracterización de exoplanetas. Un exoplaneta es un planeta que orbita alrededor de una estrella distinta del Sol. Hasta 1992 la existencia de exoplanetas no estaba probada, eran una hipótesis, pero actualmente se conocen casi 4.000 y se siguen descubriendo más. Del estudio de los exoplanetas se espera obtener información para comprender mejor como se forman los planetas e incluso, cuando la precisión de los instrumentos lo permita, buscar biomarcadores.

Es muy difícil conseguir una imagen real de un exoplaneta porque están muy lejos. En lugar de imágenes, los astrónomos utilizan diferentes técnicas para encontrarlos, como buscar estrellas que oscilen empujadas por la gravedad de los exoplanetas que orbitan a su alrededor. Estos métodos no solo nos permiten encontrar esos planetas, sino calcular su masa y la distancia a la que orbitan de sus estrellas. Lo que necesitamos ahora es un telescopio diseñado para decirnos qué tamaño tienen los exoplanetas. ¡Y aquí es donde entra CHEOPS!

CHEOPS, en lugar de buscar nuevos exoplanetas, se dedica a estudiar aquellos que ya se han encontrado y cuya masa ya está calculada, para ello, CHEOPS tiene un instrumento de alta tecnología y extremadamente sensible llamado fotómetro que mide la intensidad de la luz. Cuando un exoplaneta pase por delante de su estrella y bloquee parte de su luz, CHEOPS medirá cuánto se atenúa el brillo de la estrella. ¡Esto permitirá a los científicos de la misión calcular el tamaño del planeta! Si combinamos esa información con el valor

de la masa, será posible calcular también su densidad. Esto nos dará pistas para averiguar de qué están hechos los planetas. ¿Son mundos formados por rocas o son gigantes gaseosos? ¿Podrían tener grandes océanos?

Con esta información, los científicos podrán hacer una lista de los exoplanetas con más probabilidades de tener atmósfera. Serán objetos perfectos para que los futuros astrónomos estudien esos mundos remotos utilizando telescopios aún más potentes e instrumentos más sensibles. ¿Qué secretos descubrirán con la información que les proporcione CHEOPS?

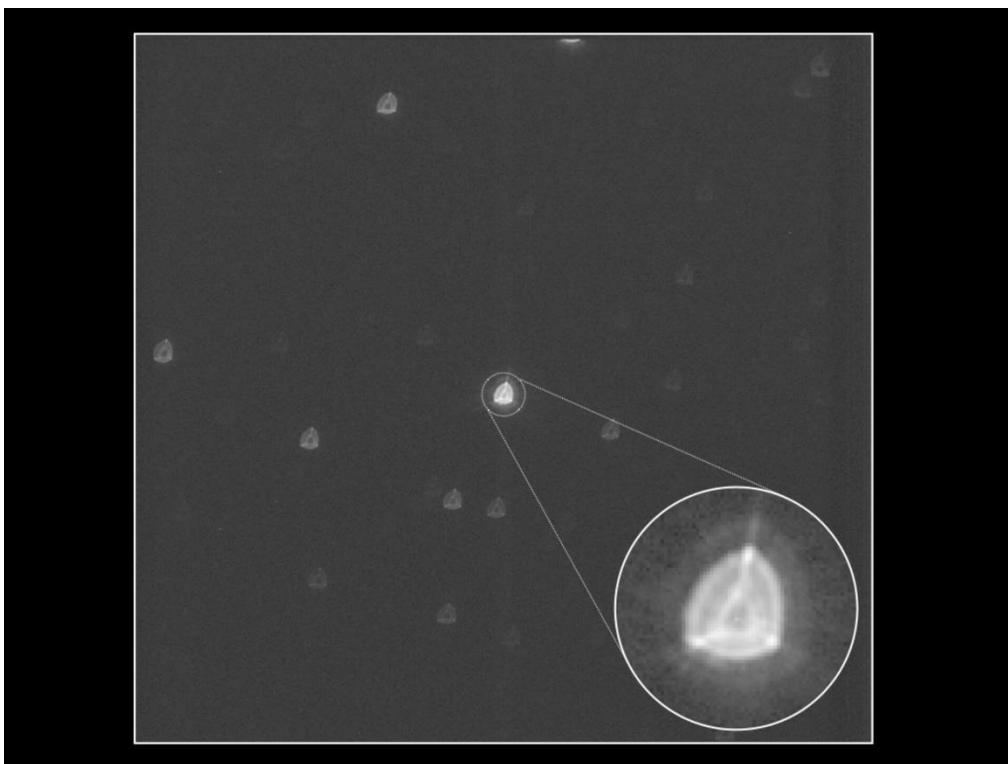


Imagen de la primera estrella observada por CHEOPS ©ESA

La misión CHEOPS se compone del satélite, también llamado CHEOPS, de un centro de control llamado MOC (Mission Operations Centre), dos centros de seguimiento donde se ubican las antenas con las que nos comunicamos con el satélite y un centro de operaciones científicas llamado SOC (Science Operations Centre).

La misión se desarrolla como una colaboración entre la ESA y la agencia espacial suiza, con contribuciones importantes de varios países europeos, entre ellos España.

INTA tiene un rol importante en esta misión, siendo el encargado de operar el centro de control (MOC) situado en el Centro Espacial INTA Torrejón (CEIT) desde el que se

comandar4 toda la operaci3n del sat3lite y pone adem4s a disposici3n de la misi3n las antenas de los centros de seguimiento de Torrej3n y Villafranca.

Desde el CEIT se comandan las 3rdenes al sat3lite y se reciben los datos de telemetr4a que env4e el sat3lite, con la informaci3n de salud y de los datos captados por el telescopio. Desde el CEIT se tiene que comprobar el estado del sat3lite, responder ante cualquier anomal4a, calcular donde est4 el sat3lite o cuando vamos a tener contactos con el sat3lite. Los datos cient4ficos son distribuidos a Suiza para que la comunidad cient4fica los estudie.

La misi3n INGENIO

INGENIO es el segundo sat3lite del Programa Nacional de Observaci3n de la Tierra por Sat3lite, cuyo lanzamiento est4 programado para el 3ltimo trimestre de 2020.

INGENIO es un sat3lite ideado para proporcionar im4genes 3pticas pancrom4ticas y multiespectrales en alta resoluci3n a nivel nacional, internacional. Las principales 4reas de observaci3n son el territorio espa3ol, Europa, Iberoam3rica y el norte de 4frica.

INGENIO podr4 adquirir hasta 600 im4genes diarias, lo que permite obtener una cobertura de hasta 2,5 millones de kil3metros cuadrados por d4a, con una resoluci3n de 2,5 m en pancrom4tico y 10 m en multiespectral.

Por lo tanto, el sat3lite proporcionar4 informaci3n para aplicaciones en cartograf4a, ordenaci3n del suelo, vigilancia costera, gesti3n de recursos h4dricos, monitorizaci3n agr4cola, agricultura de precisi3n, control medioambiental y gesti3n de crisis (seguridad y emergencias) en cat4strofes.



El sat3lite INGENIO

El funcionamiento de la misión es equivalente a la de PAZ. En el Segmento Terreno se reciben las peticiones de imágenes que desean los usuarios (hay sistemas que por el contrario realizan adquisiciones pre-configuradas de manera automática), se realiza la planificación de un periodo y se sube al satélite. El satélite transmite las imágenes adquiridas al Segmento Terreno para su diseminación.

Sabías que...

El interés del INTA por poner en marcha una misión espacial propia se inicia en la década de 1960. Por ello se logró poner en marcha en 1968 el programa INTASAT-1, con el objetivo de capacitar al INTA junto con empresas españolas en las tecnologías espaciales. El satélite INTASAT-1 fue , lanzado el 15 de noviembre de 1974 en un cohete Delta desde la Base de la Fuerza Aérea Vandenberg en California. Con una vida útil de dos años, transportaba un Faro Ionosférico que permitió poder realizar experimentos con los que se pudo calcular el contenido total de electrones a lo largo de la trayectoria del satélite y se observaron irregularidades y centelleos ionosféricos. Unos 40 observadores terrestres utilizaron el experimento para el estudio ionosférico.



INTASAT-1 y parte del equipo de trabajo

Hubo que esperar muchos años hasta que INTA pudo poner de nuevo en órbita un satélite.

Se trataba esta vez de la misión MINISAT-01, lanzada en 1997 y concebida para realizar actividades de observación de la Tierra en órbita baja mediante cuatro experimentos científicos diferentes que incluían entre otros un espectrógrafo ultravioleta.

Posteriormente tomó el relevo la misión NANOSAT, un programa de pequeños satélites (20 kg de peso) que realizan misiones científicas y tecnológicas de bajo coste, como probar nano-sensores magnéticos y solares o comunicaciones ópticas intrasatélite que sustituyan el cableado tradicional

El satélite NANOSAT-01, lanzado en 2004 tenía como misión principal era el establecimiento de un enlace de comunicaciones en diferido entre puntos remotos de la superficie terrestre que permitió las comunicaciones en diferido entre la base española Juan Carlos I en la Antártida. Al pasar sobre la estación antártica el satélite recogía los datos, que posteriormente eran descargados al sobrevolar el centro de control ubicado en Torrejón de Ardoz, Madrid. Su sucesor, NANOSAT-1B, fue lanzado en 2009.

Temas de reflexión y preguntas abiertas

- ¿Eres consciente de la presencia de los satélites en aplicaciones que usas a diario?
- Algunos astrónomos se quejan que la visión de los elementos celestes se ve interferida por la existencia de satélites ¿crees que realmente la presencia de los satélites como puntos brillantes en el firmamento afean la bóveda terrestre? ¿has identificado alguna vez un satélite en el cielo? Prueba a observar el firmamento y ver un punto luminoso pequeñito que se mueve a velocidad constante, ¡hay aplicaciones que te permiten identificar los satélites e incluso ver la Estación Espacial Internacional!
- ¿Qué opinas acerca de la enorme inversión que supone para los países la investigación y los programas espaciales? ¿Crees que los avances que dan lugar de manera directa o indirecta justifican el gasto o que primero tendríamos que atender a problemas en la tierra antes de lanzarnos a la investigación del exterior?

-
- La tendencia tradicional en la industria aeroespacial era lanzar satélites muy robustos (y por tanto muy caros) con elementos muy probados y redundados de forma que se asegurara una vida útil muy larga. Actualmente hay otra tendencia que es lanzar satélites menos probados y por tanto que cuestan mucho menos, con el riesgo de que no lleguen a funcionar o dejen de estar operativos mucho antes ¿cuál de las dos aproximaciones te parece que deberíamos seguir?
 - ¿Qué funcionalidad crees que deben tener los satélites en el futuro?
 - ¿Qué misión te gustaría diseñar?
 - ¿Crees que son útiles las misiones científicas? ¿Se te ocurre alguna manera de que los descubrimientos que realizan pudieran ser fácilmente compartidos por los científicos e ingenieros de todo el planeta?
 - ¿Crees que las misiones por satélite deben ser iniciadas individualmente por agencias o países? ¿o deberíamos considerar el espacio una zona común para todos los habitantes de la Tierra y por tanto trabajar de forma más solidaria en las misiones espaciales?

Bibliografía

¡Internet está repleto de información acerca de los satélites!

Aquí os dejo las principales referencias que he usado para redactar este dossier.

https://www.esa.int/kids/en/learn/Technology/Useful_space/Satellites

<https://www.nasa.gov/kidsclub/index.html>

<https://www.space.com/24839-satellites.html>

<http://fisicotronica.com/cinturones-de-van-allen-el-escudo-de-la-tierra/>

https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/rockets_guide.pdf

<https://en.wikipedia.org/wiki/Two-stage-to-orbit>

<https://www.spacex.com/vehicles/falcon-9/>

https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Anatomy_of_a_spacecraft

https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEMAE07SXIG_0.html

<https://www.eumetsat.int/>

https://www.gsa.europa.eu/sites/default/files/galileo-egnos_brochure_2017_web_1.pdf

<https://sci.esa.int/web/cheops>

<https://www.inta.es/INTA/es/blogs/ceit/>

<https://www.gsa.europa.eu/>

<https://sci.esa.int/web/cosmic-vision/home>