

SATÉLITES METEOROLÓGICOS

Por LUIS IZQUIERDO ECHEVARRÍA
y LUIS PUEYO PANDURO

Generalidades

La detección y análisis de las características de la atmósfera y los factores que influyen en el clima y los fenómenos atmosféricos, tienen gran importancia para muchas actividades humanas. En particular, para la planificación y desarrollo de operaciones militares, es vital —en una gran cantidad de situaciones— esta información.

En la figura 1, p. 120, se puede ver un esquema de los diferentes elementos que actúan como componentes de un sistema climático. Su observación, detección, registro y análisis es fundamental para poder realizar previsiones meteorológicas y para este estudio, se han empleado sondas de diversos tipos y características —los denominados métodos convencionales— y con estos métodos, se han conseguido bastantes buenos resultados, a pesar de sus limitaciones. Sin embargo, se necesitaban datos más precisos, a escala mundial en tiempo real y con una difusión instantánea muy amplia. Sólo el empleo de los satélites permitió conseguir estos objetivos.

Como es conocido, los trabajos sobre satélites comenzaron poco después de la finalización de la Segunda Guerra Mundial (la RAND Co. estaba trabajando en ello en el año 1947, pero se tardó más de 10 años en lanzar un satélite) y la idea de utilizarlos para el estudio de los fenómenos meteorológicos, surgió rápidamente como una aplicación clara de su empleo para mejorar los mapas del tiempo de aquella época, confeccionados con los datos obtenidos por los procedimientos convencionales.

En la figura 2, p. 122, se presenta un diagrama que indica como se miden y observan los distintos factores que afectan al clima y a los fenómenos

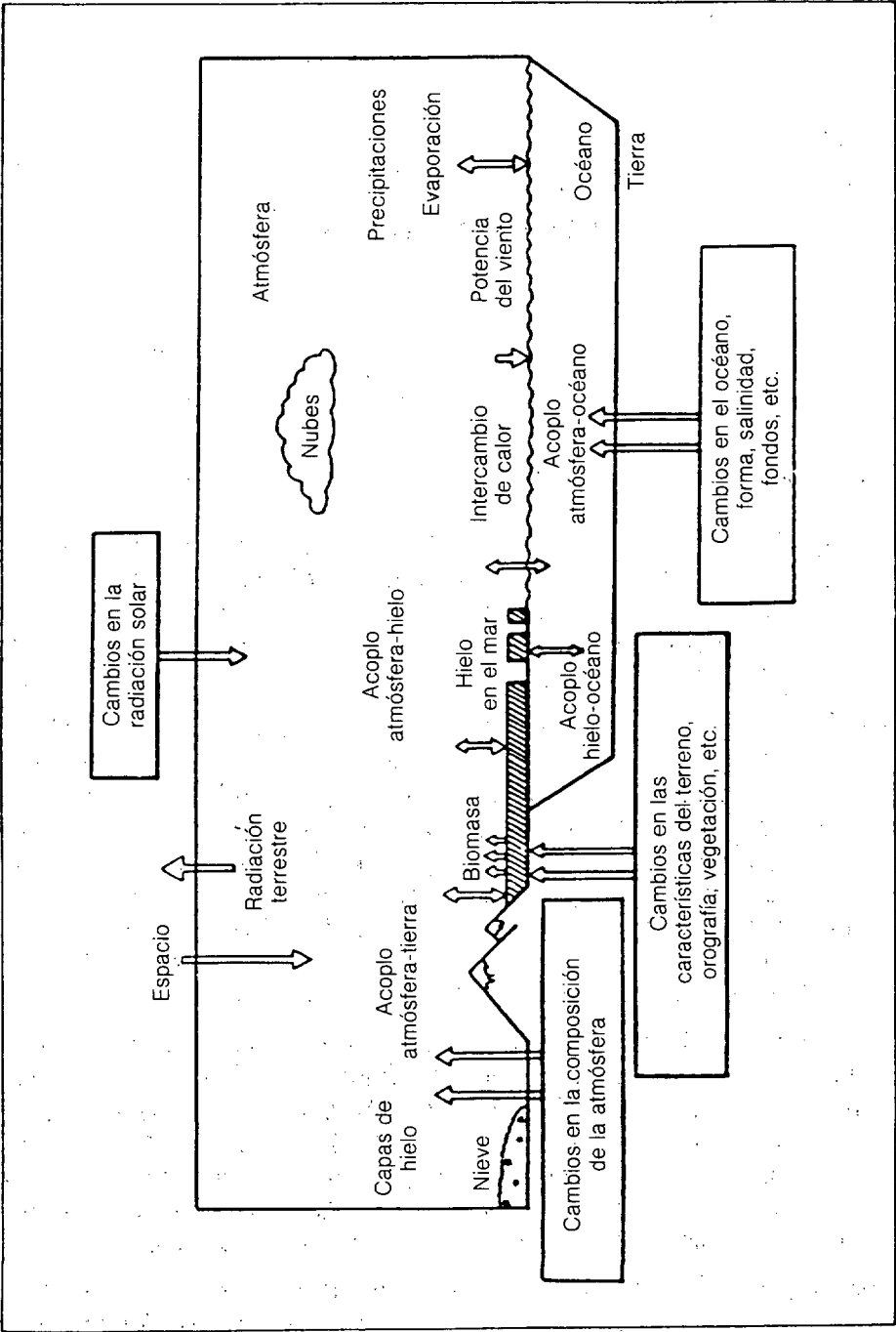


Figura 1.—Componentes del sistema climático.

meteorológicos. Puede verse que emplean métodos de detección que utilizan todo el espectro desde el ultravioleta hasta las microondas, pasando por el espectro visible y las ondas de radio.

Para conseguir la mejor utilización de un satélite meteorológico, deben cumplirse las siguientes condiciones:

- Localización lo suficientemente alejada, que permita la cobertura de toda la zona de la que desea mapa de predicción con un campo instantáneo de visión y lo suficientemente próxima para permitir identificación fidedigna de las masas de nubes y de las características geofísicas del terreno.
- El desplazamiento del satélite, debe planificarse de forma tal que en su campo de visión aparezca cada 12 horas —por lo menos— 2 veces al mismo sistema de nubes con el fin de que se pueda obtener el trayecto de la perturbación atmosférica asociada al sistema de nubes.
- La velocidad de desplazamiento del satélite, debe ser tal que permita la localización precisa de los sistemas de nubes con respecto a zonas terrestres conocidas.
- Como las tormentas, generalmente, se desplazan de Oeste hacia Este, los satélites meteorológicos, deben tener una componente de su movimiento hacia el Oeste —referido a la superficie terrestre— que permita la rápida detección de nuevas perturbaciones que pudieran aparecer.
- La totalidad de la superficie terrestre, se debe cubrir una vez al día como mínimo.

Estas condiciones, se cumplen situando los satélites a 2,01 del radio terrestre, contado desde el centro de la Tierra, y con un período de rotación de 4 horas exactas.

Primeros desarrollos. Familia TIROS

Se ha indicado en el párrafo anterior que ya se estudiaban satélites en la década de los años 40. Por aquel tiempo, se lanzaron cohetes de tipo V 2 para obtener, desde una altura entre 100/170 km, fotografías de la cobertura de nubes. Estos experimentos, demostraron la utilidad y la posibilidad de observaciones a esas altitudes y promovieron la primera propuesta sería para desarrollar satélites meteorológicos. El impulso más importante, se produjo a raíz del lanzamiento, por la Marina de guerra norteamericana, de un cohete que tomó fotografías del Sudoeste de los Estados Unidos y puso de manifiesto una tormenta procedente del golfo de México que se había

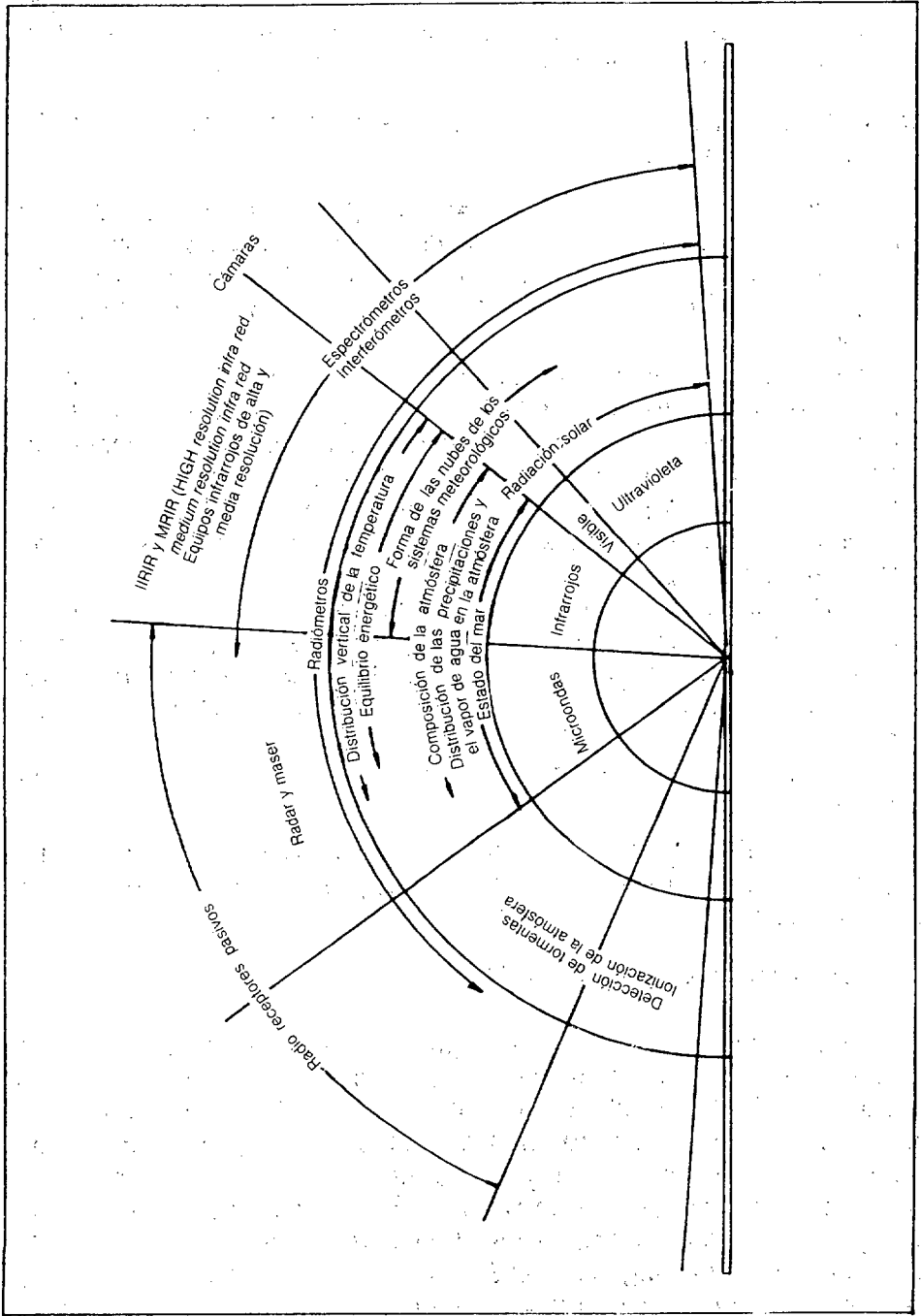


Figura 2.—Elementos que influyen en el clima y equipo empleado para su detección.

desplazado tierra adentro y que debido a su complejidad, había resultado prácticamente indetectable por los métodos convencionales.

El primer satélite meteorológico lanzado, fue el Vanguard 2 el día 17 de febrero de 1959 con un peso de 45 kg. El barrido, se realizaba aprovechando la rotación del satélite con una célula fotoeléctrica y quedaba registrado en cinta magnética. Sin embargo, debido a diversas causas entre ellas que —aparentemente— el satélite no estaba perfectamente equilibrado, en lugar de girar uniforme y suavemente el satélite tenía un movimiento de balanceo irregular con lo que las figuras que produjo, resultaron imposibles de interpretar.

TIROS

Hacia mediados del año 1958, comenzaron los estudios del satélite que, bajo el nombre de Tiros 1, se lanzó en el mes de abril de 1960. El Tiros 1, corroboró las esperanzas de utilidad de los satélites en meteorología y abrió el camino para su desarrollo con la importancia que merecen. Como anécdota el Tiros 1 fue lanzado en el equivalente anglosajón de nuestro 28 de diciembre, o sea el 1 de abril (*April Fool's day*).

El éxito inicial del Tiros 1, produjo una familia de Tiros que se lanzaron entre los años 1960 y 1965 y fueron incorporando diversas mejoras tecnológicas. La primera lectura —en tiempo real— en varias estaciones localizadas en diversos puntos de la superficie terrestre, se consiguió con el Tiros 8 lanzado en el mes de diciembre del año 1963.

La primera visión completa de las condiciones meteorológicas en el mundo entero, se consiguió el 13 de febrero del año 1965 con el Tiros 9 que se lanzó a una órbita cuasi polar, sincronizado con el movimiento del Sol en el mes de enero del año 1965.

El Tiros 10 (último de la familia) se lanzó en el mes de julio de 1965, con la misión principal de observar los huracanes y tormentas tropicales.

Sistema global de observación meteorológica por satélite

Existía la necesidad de conseguir diariamente a escala mundial, observaciones de rutina sin interrupción en el envío y recepción de datos. La entrada en servicio del TOS (*Tiros Operacional System*) o Sistema operativo del Tiros en el mes de febrero del año 1966, cubrió esta necesidad. El TOS, empleaba una pareja de satélites Essa, cada uno con una confirmación preparada para su misión específica.

El Essa 1 se lanzó a una órbita cuasi-polar sincronizada con el movimiento del Sol, el día 3 de febrero del año 1966 a una altura de 400 millas. Empleaba dos sistemas de «cámara vidicon» de 0,5 segundos que proporcionaban una imagen de 800 X 1.200 millas. Cada día se realizaban 145 órbitas que producían 450 fotografías.

Para complemento de los Essa impares, se lanzaron los pares, el primero (Essa 2) el día 28 de febrero del año 1966.

Con este sistema, se consiguió el objetivo de tener cobertura a escala mundial en tiempo real. Posteriormente, fueron lanzados hasta el Essa 9 (que fue el último de la serie) en el año 1969.

La tercera generación, fue designada con el nombre de ITOS y su fin principal era tener cobertura a escala mundial, día y noche, de las condiciones meteorológicas con el empleo de un solo vehículo espacial. Este requerimiento, procedía de la NOAA. Esta familia, fue lanzada entre los años 1970 y 1976 e incorporó nuevos sistemas de sensores y otras mejoras, consecuencia de los adelantos tecnológicos que se habían producido desde los primeros lanzamientos.

El Sistema operativo TIROS-N/NOAA, todavía en servicio en el año 1987 proporciona a la NOAA los datos necesarios para el soporte de los capítulos operativo y experimental del programa de vigilancia mundial del tiempo.

En la figura 3, se puede ver la evolución del Sistema TIROS y en la figura 4, p. 126, un esquema de la composición del Tiros-N.

Los datos, son procesados y almacenados a bordo para su posterior transmisión al centro de proceso de la NOAA en Maryland y a la vez —en tiempo real— enviados a una serie de estaciones distribuidas en toda la extensión de la Tierra.

Sistema TIROS perfeccionado (NOAA)

En la figura 5, p. 127, se puede ver la configuración del Sistema TIROS perfeccionado (*advanced* TIROS-N) que además de los equipos normales que se indican en la figura 4 lleva una serie de sensores preparados para ser desarrollados en función de futuras necesidades. Esta configuración permite su empleo en funciones de búsqueda y rescate (SAR). Y será empleada conjuntamente en un programa en el que intervienen Estados Unidos, Canadá, Francia y la Unión Soviética. Además, llevará un SBUV, para medir la distribución de la capa de ozono que envuelve la Tierra y un ERBE para medir las pérdidas y ganancias de radiación en el planeta terrestre.

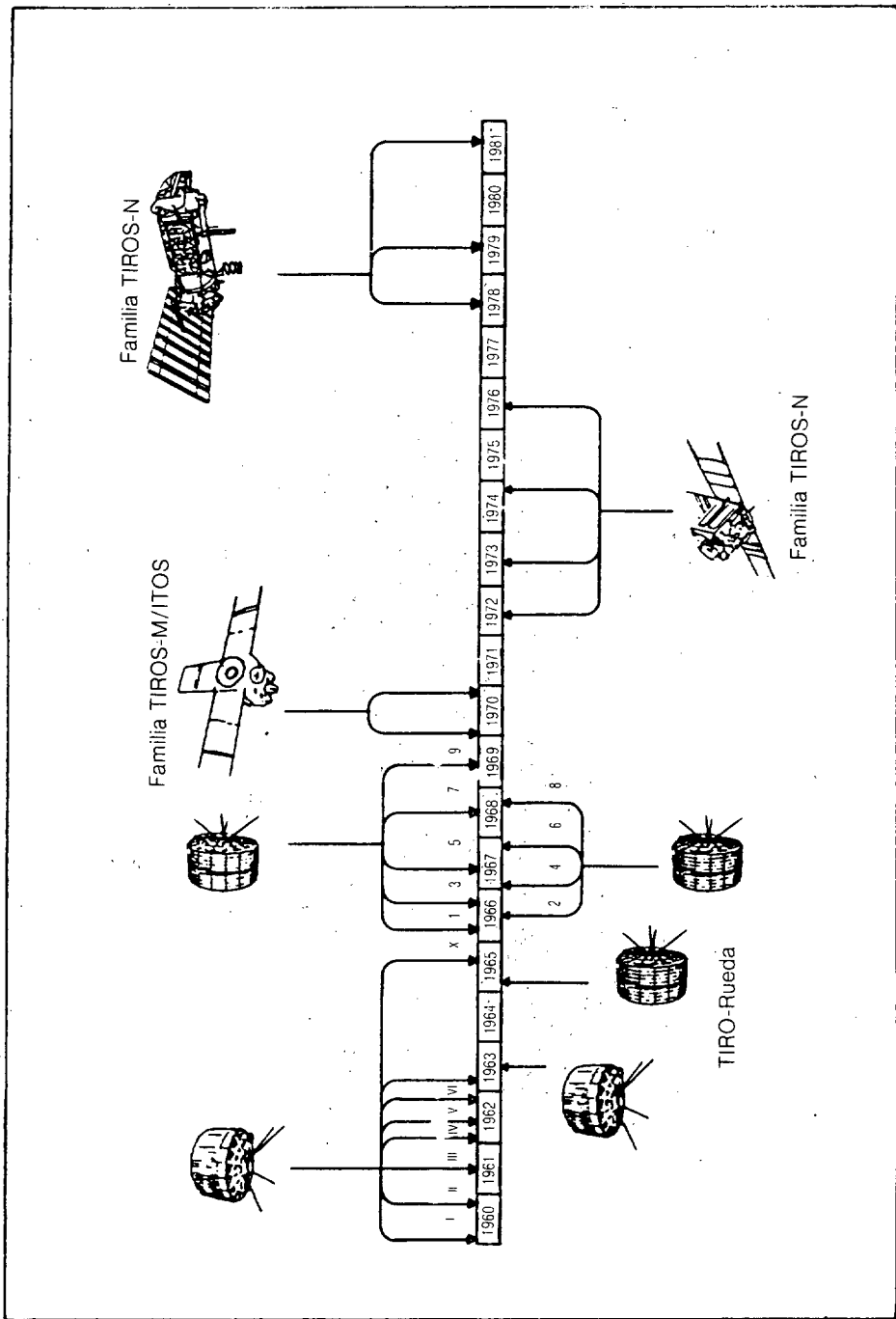


Figura 3.—Evolución del Sistema TIROS-Satélite meteorológico global operativo en órbita polar.

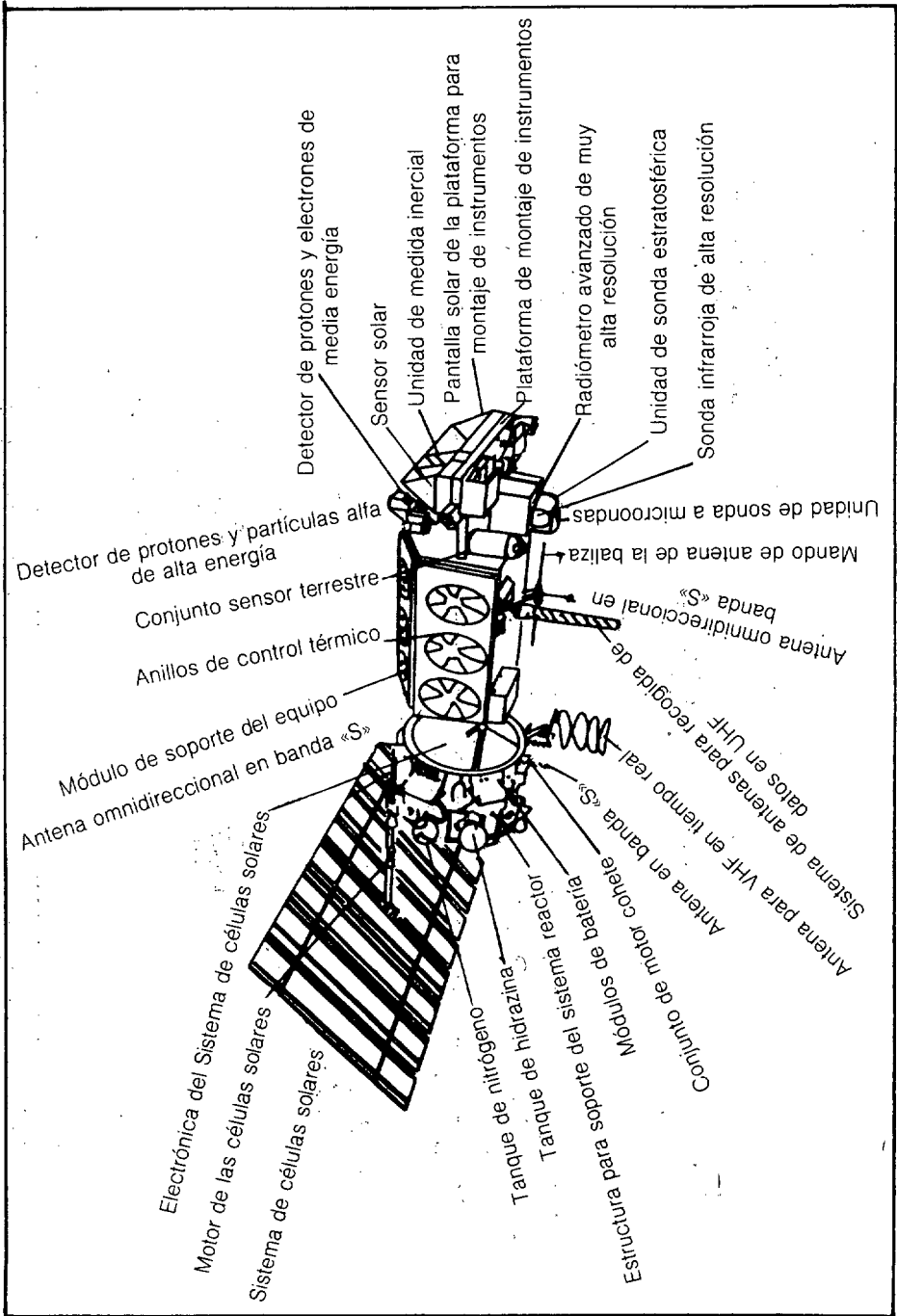


Figura 4.— Vehículo espacial TIROS-N.

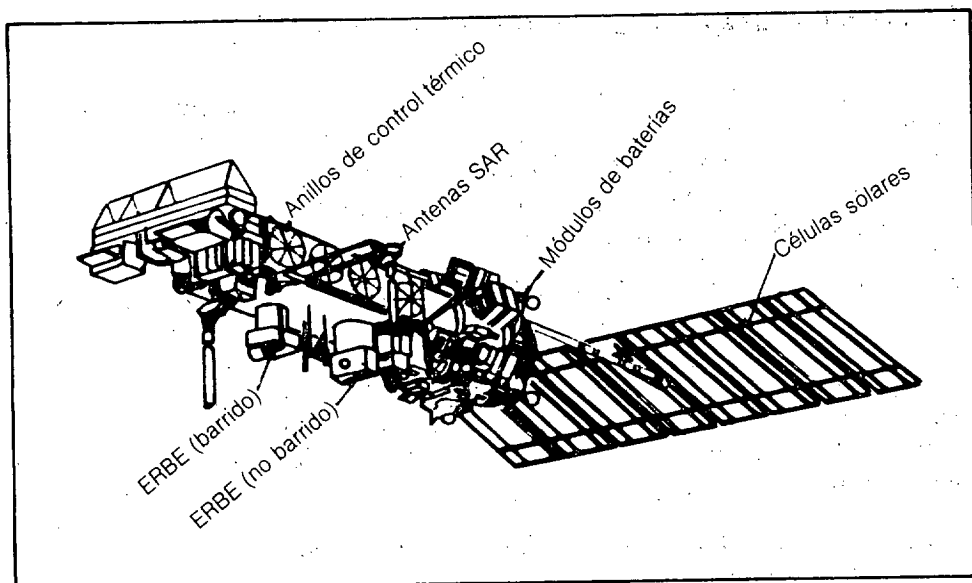


Figura 5.— Vehículo espacial TIROS-N perfeccionado.

Utilidad de los datos recogidos por los satélites

Desde el año 1966, la superficie terrestre está siendo fotografiada continuamente al menos una vez por día. La fotografías no sólo se emplean en tiempo real sino que se archivan para estadística e investigación en el NESS de Washington, D.C. Esta información, ha resultado muy útil en varios casos de los que damos unos ejemplos:

- En la Tierra existen extensas zonas en las que la información obtenida por métodos convencionales, es escasa o nula (desiertos, zonas polares, extensiones oceánicas de los hemisferios Norte y Sur, etc.). La información de los satélites, llena estos vacíos.
- Otro de los casos, es la localización y seguimiento de los huracanes, tifones y tormentas tropicales.
- Los datos que suministran los satélites pueden emplearse para obtener cartas de temperaturas de la superficie del mar con mayor tamaño y detalle que las obtenidas por cualquier otro procedimiento. Esta información es muy útil para navegación y pesca, aparte de para previsiones meteorológicas.
- El único sistema de obtener cobertura total de la temperatura de la atmósfera a diversas alturas es el de información por satélite. Esta información es imprescindible para las previsiones meteorológicas.

Aplicaciones meteorológicas de las plataformas espaciales

Hasta la puesta en servicio de los vehículos espaciales *shuttle* (la tradición literal de *shuttle* es lanzadera —de un telar—) la puesta en órbita de un vehículo espacial era mucho más cara que actualmente. Otra ventaja de los *shuttle* es que se pueden emplear como laboratorios espaciales durante períodos de tiempo superiores a los de vuelos suborbitales.

Se denomina SP a un sistema orbital, basado en *shuttle*, que permita durante períodos de tiempo suficientemente largo, estabilidad y acceso a un conjunto de cargas (*payloads*) reemplazables y visitables a intervalos de tiempo de unos 6 meses. Durante estas visitas, está previsto cambiar elementos de la carga, si se considera necesario. Estas visitas y la posibilidad de cambio de la carga son las diferencias fundamentales entre una SP y un vehículo espacial con vuelo libre.

Una Plataforma Espacial (SP), contra de varios subsistemas, entre los que los fundamentales son:

- Energía eléctrica, que puede llegar a ser de 25 Kw.
- Control de temperatura.
- Comunicaciones externas e internas.
- Proceso de datos.
- Control de estabilidad y maniobras.

Las cargas típicas de una SP responden a las necesidades de las siguientes disciplinas para observación, experimentación e investigación.

- Rayos cósmicos.
- Física solar.
- Astronomía.
- Proceso de materiales.
- Física del plasma.
- Observaciones ambientales.

Para nuestro tema sólo nos interesa la última, o sea, la observación ambiental, en la que normalmente se utilizan los equipos que se relacionan a continuación (ver lista de siglas):

- OWD: (*Ocean Wave Directional Spectrometer*).
- ALS: (*Advanced Limb Sounder*).
- SAR: (*Synthetic Aperture Radar*).
- SUSIM: (*Solar Ultraviolet Irradiance Monitor*).
- ACR: (*Active Cavity Radiometer*).
- AMSU: (*Advanced Microwave Sounding Unit*).

Y sus funciones son medida y observación de los fenómenos que se producen y desarrollan en la atmósfera con el ALS, en los océanos con el OWDS y en la superficie terrestre con el SAR.

Las aplicaciones meteorológicas se extienden a la investigación de todas las actividades que intervienen en los fenómenos atmosféricos y principalmente a los llamados «productores del tiempo», tanto en la troposfera como en la estratosfera inferior (a unos 30 km de altura).

Su objetivo principal no es servir de complemento a las medidas o observaciones realizadas por otros medios, sino desarrollar una filosofía y abrir un camino científico que sirva de base para definir la instrumentación que puede ser colocada en la plataforma espacial, así como los procedimientos a seguir para la resolución de problemas prioritarios existentes en la atmósfera inferior.

Los estudios y las mediciones más importantes que se realizan en una SP son:

- Determinación de las radiaciones entrantes y salientes en la Tierra con una precisión del 0,5 por 100.
- Observación y registro de la temperatura, presión y humedad entre 0 y 30 km de altura, con precisiones de 1 grado centígrado, 1 mbar y 10 por 100 de humedad respectivamente y con resoluciones horizontal mayor o igual a 1 km y vertical entre 1 y 10 km.
- Vientos horizontales con precisión de 2-5 m s⁻¹.
- Precipitaciones con una precisión del 10 por 100.
- Intensidad y distribución de descargas eléctricas con una resolución horizontal de 1-5 km.

Características y propiedades de la superficie con una resolución horizontal de 1-10 km.

En la figura 6, p. 130, se puede ver un esquema de la composición y los principales sistemas de una SP. En el cuadro 1, p. 131, se da una lista orientativa de los instrumentos, especificando sus características principales, que pueden servir como carga básica para una SP de aplicaciones meteorológicas.

Resumen de los Sistemas NIMBUS, GOES y METEOSAT

El Sistema NIMBUS, se inició en el año 1960 como acción conjunta de la oficina meteorológica de los Estados Unidos (actualmente NOAA) y la

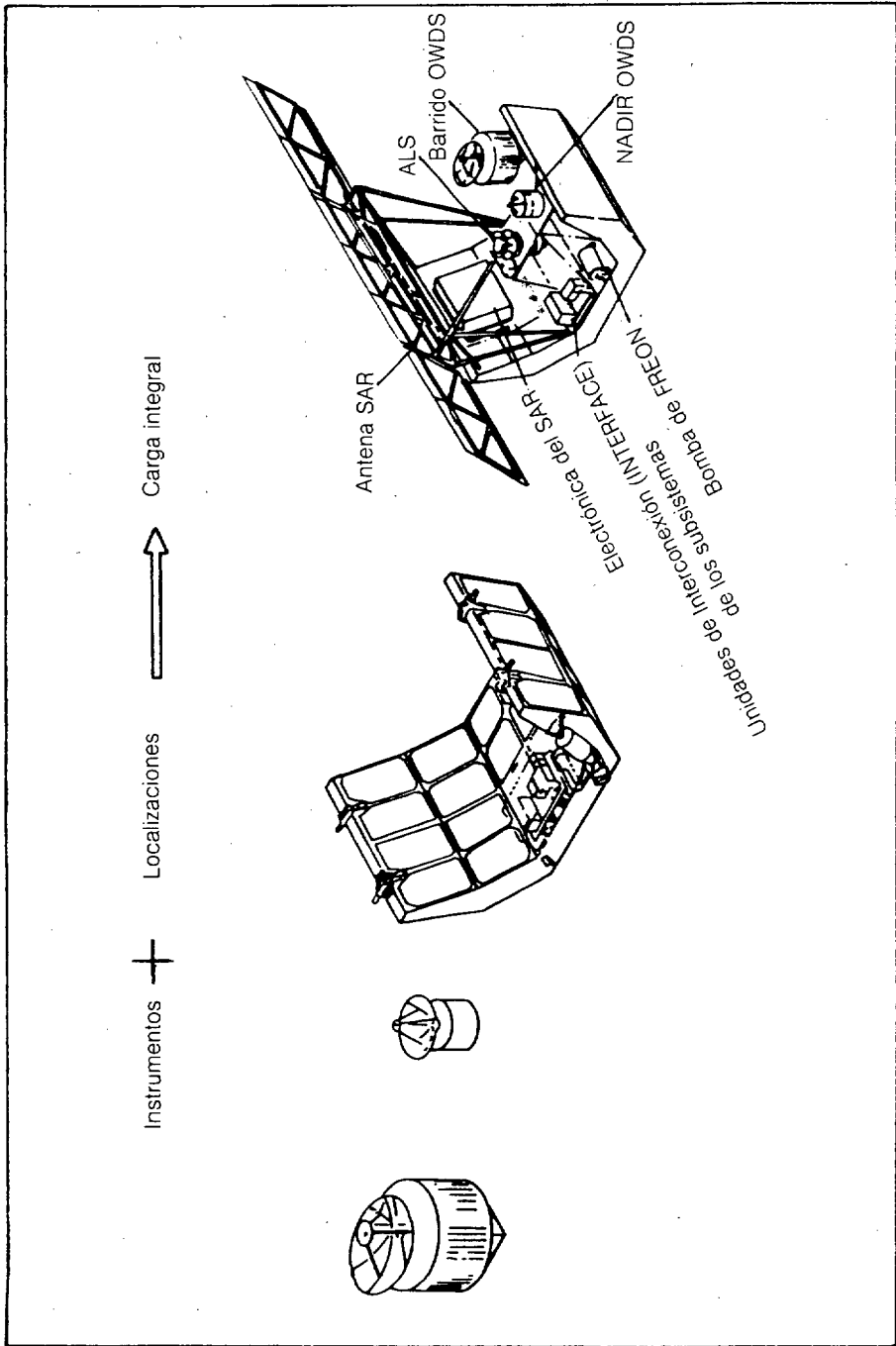


Figura 6.—Definición de las necesidades de carga integrada para una plataforma.

Cuadro 1.—*Relación orientativa de los instrumentos.*

<i>Instrumento</i>	<i>Características + Función</i>	<i>Peso kg</i>	<i>Dimensiones m</i>	<i>Potencia W</i>	<i>Datos Kb/s</i>
ERBI	Medir radiación entrante, saliente, reflejada y emitida en la Tierra. Medir constantes solares, radiación solar, bandas de espectro y radiación de onda larga.	60	0,5×0,5×0,5	55P	1,3
AMTS	Espectrómetro IR de 28 canales para medir perfiles verticales de temperatura y humedad.	300	1×1,4×0,8	150P	3
AMSU	Radiómetro a microondas de 20 canales para las mismas medidas que el AMTS.	80	0,5×1,6×0,6	170P	3,6
MPS	Sensor de hasta 8 canales a microondas para medir la presión al nivel del mar.	50	1,5×0,6×0,5	100A	1
LAMMR	Radiómetro de elevada resolución a microondas, para obtener gráficos en la superficie y en la atmósfera de las temperaturas, vapor de agua, agua líquida y vientos.	220	4 Ø	235P	50
LTPMS	Láser en la zona visible y en la infrarroja que permite una cobertura muy extensa de las temperaturas, humedad y presión desde la superficie a la estratosfera.	1.300	255 m ³	3.000A	250
DLS	Láser de CO ₂ que proporciona una cobertura extensa de los vientos horizontales entre 0 y 10 km.	2.300	5 m	8.500A	1.150
SMR	Radar dual (de doble longitud de onda) para medir tasas de precipitación, espesores de nieve y de hielo, humedad del suelo, etc.	500	5 m	800A	200
LM	Sistema detector y constructor de gráficos para determinar la producción, localización e intensidad de los rayos	20	2 m ³	150P	100

P = Pasivo

A = Activo

Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) con el objetivo de que el Nimbus fuera el satélite meteorológico del futuro.

La serie de 7 Nimbus lanzados a partir del Nimbus 1 en el año 1964, fue durante casi 20 años, la base principal de experimentación e información para el desarrollo del programa de investigación espacial de la NASA/NOAA y con ellos se han conseguido una valiosa información que ha permitido un conocimiento mejor y más extenso de la atmósfera y los fenómenos meteorológicos.

Por otra parte, abrieron el camino para equipar con sensores operativos tanto a los Tiros como a los Milmetsats. En realidad la familia Nimbus, fue un laboratorio experimental de tecnologías emergentes, además se utilizó ampliamente en la transmisión de datos y en muchos de ellos fue el primero, bien en calidad de transmisión o en ser la primera vez que se transmitía información, de la clase que lo hacía el Nimbus, del Espacio a la Tierra. La familia Nimbus, demostró prácticamente la posibilidad de utilizar sensores remotos para obtener imágenes perfectas de los componentes del sistema meteorológico deseados y por consecuencia abrió la puerta para el desarrollo intensivo que se produjo posteriormente.

Como ejemplo, citaremos que antes del lanzamiento del Nimbus, se conocían varios métodos de estabilización de satélites en órbita como el control reactivo y el gradiente de la gravedad. En el Nimbus se combinaron estos métodos, con el resultado final de que las correcciones de datos necesarias para su proceso fueron reducidas en gran cantidad.

A la vista de los éxitos iniciales, se fueron agregando sensores para ampliar el campo de datos recogidos. Los datos enviados por los últimos Nimbus, todavía se están analizando y aplicando en los siguientes campos:

- Oceanografía.
- Hidrología.
- Geología.
- Geomorfología.
- Geografía.
- Cartografía.
- Agricultura.
- Meteorología.

Los primeros éxitos del Nimbus, se obtuvieron con el empleo del subsistema AVCS y el HRIR. El Nimbus, envió el primer día que estuvo en órbita una foto excepcionalmente clara del huracán «Cleo» y posteriormente, realizó un seguimiento perfecto de otros huracanes y tifones en el Pacífico. Además, las fotos enviadas, permitieron a los cartógrafos corregir imprecisiones en los mapas en relieve existentes y por añadidura, se consiguió una mejor información que la que se poseía sobre la formación del frente de hielo de la Antártida.

Posteriormente y con la adición de nuevos sensores, se realizaron múltiples estudios entre los que podemos citar: el efecto del ozono, dióxido de carbono y vapor de agua en el equilibrio térmico de la Tierra, la radiación solar indetectable en la superficie terrestre por el efecto de pantalla de la atmósfera, análisis de vientos tropicales, mapas térmicos globales, etc.

El satélite geoestacionario Goes, proporciona una serie muy amplia de servicios meteorológicos y forma parte de la red de satélites planificada por la WMO. Los satélites Goes 4 y 5 están trabajando en dos órbitas geoestacionarias y longitudes de 75 grados Oeste y 135 grados Oeste y su vida se ha estimado en 7 años como mínimo.

La misión principal de los Goes, es la transmisión a centros de proceso de datos situados en la superficie terrestre, de observaciones visibles e infrarrojas de fenómenos meteorológicos, la atmósfera, hurcanes y tormentas fuertes. También obtienen los Goes, datos sobre el campo magnético terrestre el flujo de partículas en las proximidades del vehículo espacial y la radiación X del Sol.

Todas estas observaciones, se realizan con los instrumentos que constituyen la carga del satélite, los que se agrupan en el Subsistema SEM. Los instrumentos, son los normalmente empleados para este tipo de observaciones: radiómetros visibles e infrarrojos, sondas atmosféricas, etc.

El Goes necesita comunicaciones y el subsistema que tiene, funciona en la banda «S» y transmite los datos recogidos por los diversos sensores una vez multiplexados. Dentro del subsistema de comunicaciones, se consideran incluidos las señales DCPI y las comunicaciones en UHF como la red de telemetría y mando. Esta última es el resultado del desarrollo más importante que se hizo para el Goes y mejora, respecto a los sistemas que existían antes del Goes, las características generales y la sencillez de manejo del sistema. El subsistema de comunicaciones, lleva una antena bicónica para telemando y control, una helicoidal para UHF y una paraboloide para la banda «S».

El VAS, lleva seis detectores de infrarrojos, dos de ellos se emplean para obtener imágenes y los otros cuatro para conseguir información de sondeo; además lleva 8 canales visibles. Toda la información que producen estos sensores, se procesa, multiplica y se envía a la estación terrestre.

El SEM, lleva detectores de radiación X procedente del Sol y además tiene sensores para obtener información de campos magnéticos y de partículas energéticas.

Finalmente, el subsistema de energía y propulsión, está formado por los paneles solares, que llevan células solares K-7 y las baterías de emergencia. La potencia que suministra es de 350 W. La propulsión, se realiza con un motor y una unidad de control de reacción de hidracina.

El Meteosat, es la contribución principal de Europa a la WMO y está proyectado para cubrir las necesidades específicas de la comunidad meteorológica europea.

En la figura 7 se puede ver la cobertura que proporcionaban varios satélites norteamericanos, en servicio en el año 1982, y en la figura 8, p. 138, la cobertura en recogida y emisión de datos (—) y en comunicaciones (— — —) de la WMO en la que además, se indica las naciones o grupos de ellas que toman parte en esa cobertura.

Los objetivos principales del Meteosat son:

- a) Producción simultánea de imágenes de la superficie de la Tierra y de los sistemas de nubes, tanto en el espectro visible como en el infrarrojo, para obtener:
 - Observación y análisis de la cobertura de nubes.
 - Obtención de temperaturas en las superficies terrestre y marítima y en los sistemas de nubes.
 - Determinación del contenido de vapor de agua a diferentes alturas.
 - Adquisición de datos de la radiación entrante y saliente en la Tierra.
 - Conseguir las velocidades de los vientos.
- b) Distribución a los usuarios del sistema de los datos obtenidos.
- c) Recogida de datos ambientales obtenidos localmente por otras DCP o por cualquier otro medio.

Estos objetivos se cumplen con equipos de los tipos utilizados normalmente en detección (radiómetros, analizadores de radiación, sondas varias, etc.) y después de una labor de proceso de datos se remiten a los usuarios vía satélite o por otros medios de comunicación.

El Meteosat es cilíndrico y tiene 2,4 m de diámetro, con una altura de 3,2 m. Su peso al lanzamiento es de casi 700 kg y su tiempo nominal de vida es de 3 años. Su órbita geoestacionaria está situada sobre el Ecuador terrestre a 0 grados de longitud.

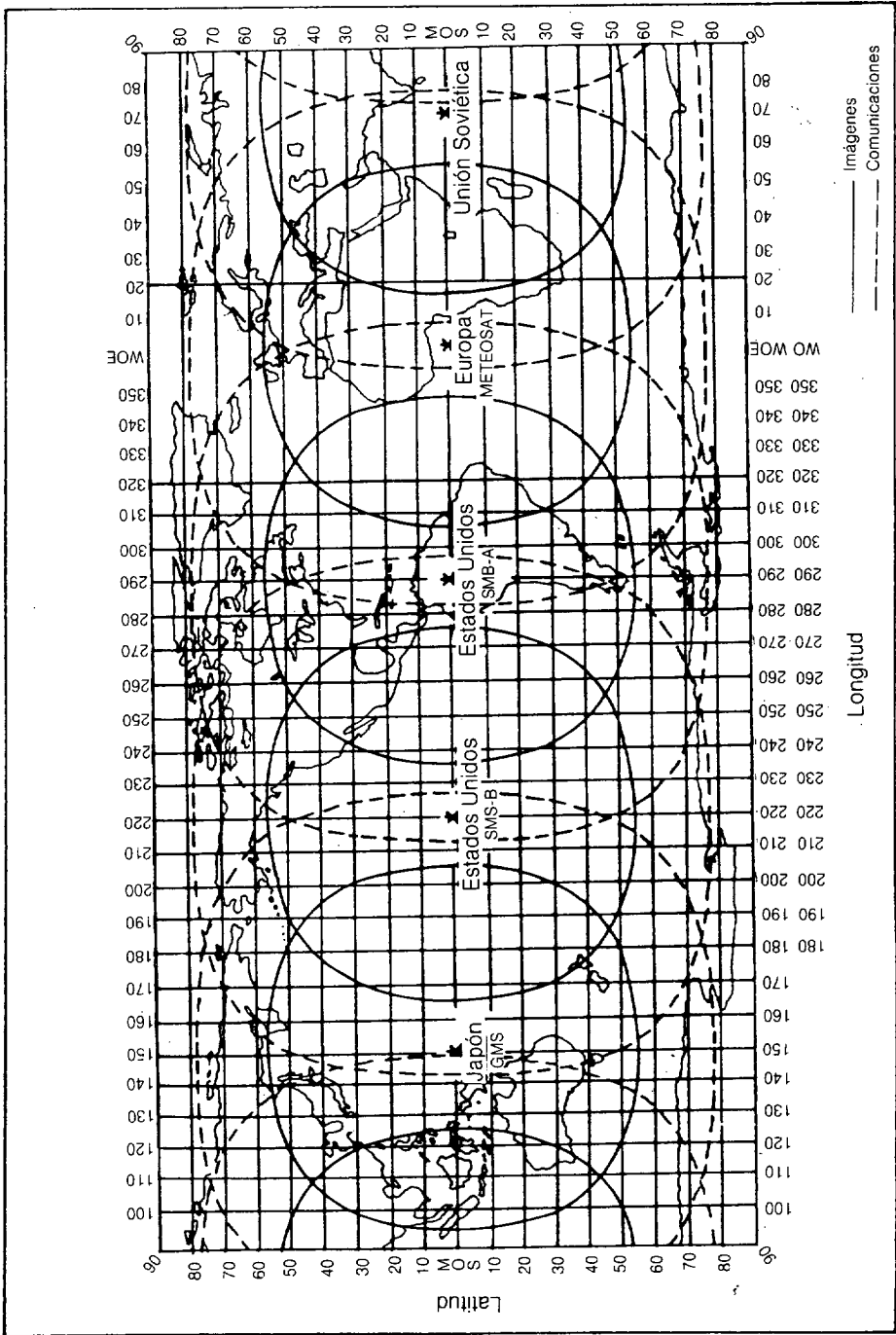


Figura 7.— Cobertura de los 5 satélites meteorológicos geostacionarios de la WMO.

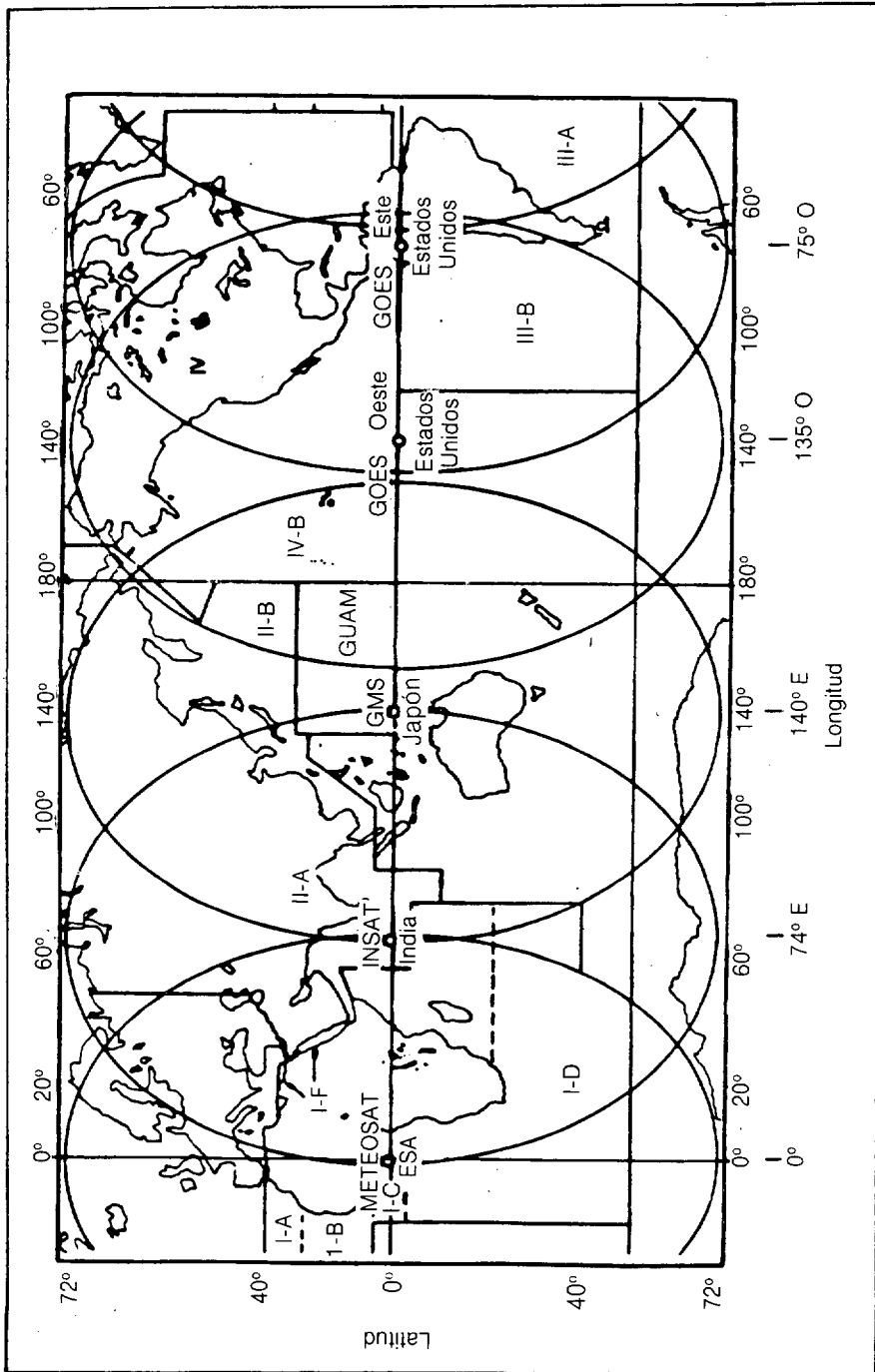


Figura 8.—Cobertura en detección y remisión de imágenes y en comunicaciones de la red global de satélites geostacionarios meteorológicos en el año 1980.

Aplicaciones militares de los satélites meteorológicos

Los fenómenos meteorológicos han tenido siempre una gran influencia en las operaciones militares; baste recordar la Armada Invencible, el efecto de las lluvias y deshielo en las operaciones contra la Unión Soviética en la Segunda Guerra Mundial, el obstáculo que para operaciones navales y aéreas han producido nubes, nieblas, tormentas, etc.

Parece que actualmente la situación es mucho mejor, ya que los medios modernos de combate resultan menos vulnerables a los fenómenos atmosféricos en tierra, mar y aire, pero la entrada en combate de sistemas de armas muy complejos y de elevado coste, con guiados infrarrojos, láser y ultravioleta, el empleo, cada vez con mayor extensión de la televisión en operaciones y, en resumen, el uso de sistemas electrónicos y ópticos que resultan sensibles al estado meteorológico y a los fenómenos eléctricos hace que la influencia del estado del tiempo en las operaciones militares no sea inferior al existente antiguamente, sino que, como mínimo, sea igual si no resulta mayor aún que antes. Por tanto, el conocimiento de las condiciones meteorológicas presentes y previsibles, con la mayor precisión, es importantísimo para la toma de decisiones en casi todas las operaciones militares modernas.

En una guerra moderna, para obtener un resultado favorable, son puntos clave la detección, identificación, seguimiento y destrucción de objetivos fijos y móviles y la situación meteorológica afecta a los medios que se emplean para ello.

En tiempo de paz, se utilizan prácticamente en todo el mundo los datos meteorológicos que proporcionan los NOAA, Meteosat, etc., pero en caso de conflicto esta información se interrumpe o se codifica. Por ello en Estados Unidos se ha desarrollado el Programa DMSP, cuya misión es proporcionar, a todos los niveles que lo necesiten, información meteorológica para ayuda a la toma de decisiones.

DMSP (Defense Meteorological Satellite Program)

El DMSP se proyectó en la década de los años 60 y los primeros vehículos espaciales que se utilizaron en él estaban equipados con los instrumentos necesarios para enviar a tierra información del estado del tiempo («cámaras vidicon», equipos infrarrojos, etc.) y se programa para producir datos de dos clases: lectura directa y registro.

Los datos registrados se enviaban al AFGWC en Nebraska, después de pasar por las estaciones de Maine y Washington, que preparaban la información para su lectura y proceso. Este esquema primario actualmente ha cambiado.

En el año 1971, se añadió al sistema un sensor de radiación, en el año 1972 otro de temperatura y precipitaciones en la troposfera y en 1976 un OLS para observación de sistemas de nubes. El DMSP está en continua y constante renovación y mejora, según lo permiten los avances tecnológicos.

El DMSP puede dividirse en 3 grandes sistemas:

- Segmento espacial.
- Sistema de apoyo terrestre.
- Sistema de los usuarios.

El segmento espacial es un vehículo estabilizado en los 3 ejes, con un peso de 725 kg y una longitud de 12 segundos (excluyendo los paneles solares), tiene una precisión en puntería de 0,01 grado y una duración media —en misión— de 30 meses.

El OLS es el sensor principal e incorpora un sistema completo de recogida de datos. Consiste fundamentalmente en un radiómetro de barrido y un subsistema de proceso de datos y almacenaje. Proporciona datos meteorológicos de cobertura de nubes a escala mundial y tiene salidas en tiempo real y para almacenaje de datos visuales e infrarrojos tanto de día como de noche.

El canal visible está compuesto por 3 segmentos con diodos PIN para observación diurna y foto cátodo de arseniuro de galio y cesio para observación nocturna.

El canal infrarrojo tiene dos segmentos de detectores fotoconductores de telurio de mercurio y cadmio mantenidos a una temperatura de 108 grados K con una precisión de + 0,1 grados K.

Además del OLS, el segmento espacial tiene otros sensores, entre los que citaremos el radiómetro infrarrojo multiespectro, la sonda de temperatura a microondas, el espectrómetro electrónico, etc.

El subsistema de comunicaciones y telemetría tiene 3 enlaces independientes de 5 W de potencia que transmiten en la banda «S» y en PCM/PSK a 1,024 Mbps en tiempo real y a 2,66 Mbps en transmisión de datos registrados. La unidad de telemetría es un sistema PCM de estado sólido controlado por microprocesador y puede realizar todas las operaciones necesarias en su campo de acción.

El subsistema de mando y control es fundamental en cualquier vehículo espacial para que pueda realizar satisfactoriamente sus misiones. El del Sistema DMSP tiene una serie de computadores y memorias diversas, un reloj espacial estable, dos unidades centrales de proceso de datos, cada una con memoria de 28 K, y una serie de equipos auxiliares. Este complejo conjunto de material descrito muy simplificado se completa con una serie de *softwares*, que permite que se realicen todas las operaciones necesarias para la puesta en órbita, navegación y control del satélite.

Otros subsistemas que lleva el DMSP son el de alimentación a base de células solares y dos baterías de níquel-cadmio para emergencias, el subsistema de control de seguimiento del Sol, controles térmicos activos y pasivos, etc.

El Centro de Operaciones (SOC) se compone del personal y los medios necesarios para dirigir y realizar la planificación de todas las misiones que requieren los usuarios del DMSP. Las peticiones se unen a las condiciones operativas y a las limitaciones y se procesan en el sistema automático de generación y verificación de misiones.

El Subsistema STPS de telemetría suministra a los analistas la información necesaria para realizar análisis telemétricos de las anomalías que se han podido presentar en el vehículo espacial. Además, proporciona datos para hacer telemetría en tiempo real.

Las comunicaciones se realizan multiplexando los datos meteorológicos, los de telemetría, los de estado y situación y un canal digital de audiofrecuencia. Todo ello produce un haz de 3,072 Mbps que de las estaciones CRS de tierra se retransmite a los usuarios total o parcialmente, según sus necesidades. Estas estaciones tienen los terminales terrestres para recepción de datos procedentes del vehículo espacial, y además de procesar y retransmitir en tiempo real tienen la posibilidad de dar órdenes al vehículo espacial, utilizando los datos de mando que les envía el SOC.

Los terminales de los usuarios varían según que sean las Fuerzas de Tierra, Mar o Aire. Las Fuerzas Terrestres emplean terminales móviles, transportables en vehículo, y actualmente el utilizado es el Mark 4, que va montado en remolque de 20 tm y lleva una antena parabólica de 10 m de diámetro.

Este terminal proporciona imágenes dentro de los 30 segundos del paso del satélite, tanto visuales como infrarrojas, y tiene la posibilidad de retransmitirlas en tiempo real, ampliadas, corregidas por la curvatura de la Tierra y preparadas con el sistema de coordenadas necesario.

La Marina de guerra tiene la instalación denominada FNOC en Monterrey, California, la que recibe todos los datos que envía el satélite y los retransmite, vía satélite o enlace terrestre, a las diferentes bases dispersadas en el mundo entero. Además, existen terminales a bordo de los navíos principales (Enterprise, Independence, Nimitz, etc.), que operan de forma similar a los Mark 4 del Ejército de Tierra.

Las Fuerzas Aéreas tienen en el AFGWC el centro meteorológico militar mayor del mundo, y proporciona apoyo meteorológico y del ambiente espacial no sólo a las Fuerzas Aéreas, sino a otros Departamentos de Defensa y a las Fuerzas Terrestres.

Los meteorólogos del AFGWC recogen datos de observaciones convencionales del DMSP, de las líneas aéreas comerciales y del Centro Civil Meteorológico. Todos estos datos se clasifican, homogeneizan y procesan, con el auxilio de gran número de computadoras especiales, con lo que se obtiene una imagen exhaustiva de las condiciones meteorológicas que incluye todos los parámetros (composición de gases, humedad, temperatura, radiación, etc.), lo que permite el conocimiento a escala mundial de la situación atmosférica en cada momento y realizar, por tanto, predicciones con la mayor precisión posible. El almacenamiento y registro de los datos, unido al estudio comparativo de las predicciones con lo sucedido realmente, permite avanzar cada vez más en el conocimiento de la situación atmosférica presente y prevista, lo que —como se ha indicado ya— es un factor muy importante para la toma de decisiones operativas.

Estos logros actuales se han conseguido con la incorporación de mejoras tecnológicas a los vehículos espaciales y a los sistemas de mando, control y comunicaciones de los años 60 y han producido la generación conocida con el nombre de Block 5 en el DMSP, que es la que funciona en el presente y está ya en el desarrollo del Block 6.

Perspectivas de futuro

Ni en los satélites meteorológicos civiles ni en el DMSP, se prevén cambios drásticos en un futuro próximo. Lo que se puede esperar en un período de tiempo de medio plazo, son mejoras en los equipos, subsistemas y sistemas, tanto en cuanto al aumento de fiabilidad, vida, etc., como en cuanto a la mejora en la obtención de datos y su transmisión a los usuarios. Se está trabajando ya en los siguientes campos:

— Aumento de la resolución tanto en el espectro visible como en el infrarrojo.

- Incremento del número de imágenes simultáneas multiespectrales.
- Ampliación de la resolución vertical, especialmente en la lectura de temperaturas en la troposfera (de 1 a 5 km).
- Mejora de la resolución de las sondas en el margen de 10 a 100 km.
- Extensión de la vida útil del satélite.
- Perfeccionamientos en todos los sensores en cuanto a sus características y especificaciones técnicas.

Todas estas reformas, que evidentemente mejorarían el sistema, tienen un coste muy elevado y requieren un tiempo bastante extenso para su terminación. Dadas las perspectivas económicas actuales, que prevén una fuerte reducción en los presupuestos de Defensa de Estados Unidos, parece que —salvo que se produzca un cambio en la situación internacional o un estado de emergencia— sólo se producirán a largo plazo en el mejor de los casos.

Siglas empleadas en este capítulo con su traducción

ACR	<i>Active Cavity Radio Meter</i> = Radiómetro de cavidad activa.
AFGWC	<i>Air Forces Global Weather Center</i> = Central meteorológica global de las Fuerzas Aéreas.
ALS	<i>Advanced Limb Sounder</i> = Sonda avanzada de límites.
AMSU	<i>Advanced Microwave Sounding Unit</i> = Sonda avanzada de microondas.
AMTS	<i>Advanced Moisture and Temperature Sounder</i> = Sonda avanzada para humedad y temperatura.
APT	<i>Automatic Picture TV Transmitter</i> = Transmisor automático de imágenes de televisión.
AVCS	<i>Advanced Vidicon Camera Subsystem</i> = Subsistema avanzado de cámara vidicon.
AVHRR	<i>Advanced Very High Resolution Radiometer</i> = Radiómetro avanzado de muy alta resolución.
AWS	<i>Air Weather Service</i> = Servicio meteorológico de las Fuerzas Aéreas.
BDA	<i>Beacon Drive Antenna</i> = Antena de la baliza.
CRS	<i>Command Readout Stations</i> = Estaciones de lectura para el mando.
DCP	<i>Data Collection Platform</i> .
DCP	<i>DCP Interrogator</i> = Interrogador DCP.
DCS	<i>Data Collection System</i> = Sistema de recogida de datos.
DLS	<i>Data Link System</i> = Sistema de enlace para datos.
DMSP	<i>Defense Meteorological Satellite Program</i> = Programa de satélites meteorológicos para la Defensa.
ERBE	<i>Earth Radiation Budget Experiment</i> = Experimento del flujo bidireccional de la radiación terrestre.
ERBI	<i>ERBE Instrumentation</i> = Instrumentos utilizados en el ERBE.
ESA	<i>Earth Sensor Assembly</i> = Conjunto sensor terrestre.

ESSA	<i>Environ Mental Science Services Administration</i> = Administración de servicios científicos del medio ambiente.
FNOOC	<i>Fleet Numerical Oceanographic Center</i> = Centro numérico oceanográfico de la Flota.
FSD	<i>Future Satellite Development</i> = Desarrollos futuros de satélites.
GOES	<i>Geostationary Operational Environment Satellite</i> = Satélite operativo geoestacionario.
HIRS	<i>High Resolution Infrared Sounder</i> = Sonda infrarroja de alta resolución.
HRIR	<i>High Resolution Infrared</i> = Equipos infrarrojos de alta resolución.
IMP	<i>Instrument Mounting Platform</i> = Plataforma para montaje de instrumentos.
IMU	<i>Inertial Measuring Unit</i> = Unidad de medida inercial.
ITOS	<i>Improved TIROS Operational System</i> = Sistema operativo TIROS mejorado.
LAMMR	<i>Large Antenna Multifrequency Microwave Radiometer</i> = Radiómetro multifrecuencia a microondas de antena larga.
LARS	<i>Lower Atmosphere Research Satellite</i> = Satélite de Investigación de la atmósfera inferior.
LM	<i>Lightning mapper</i> = Equipo para obtener gráficos de las descargas eléctricas.
LTPMS	<i>Lidar Temperature Pressure Moisture Sounder</i> = Sonda láser infrarrojo y visible para la detección de temperatura, presión y humedad.
MILMETSAT	<i>Military Meteorological Satellite</i> = Satélite meteorológico militar.
MPS	<i>Microwave Pressure Sounder</i> = Sonda microondas para presión.
MRIR	<i>Medium Resolution Infrared</i> = Equipos infrarrojos de resolución media.
MSU	<i>Microwave Sounding Unit</i> = Unidad de sonda a microondas.
NASA	<i>National Administration Space and Aeronautics</i> = Administración Nacional del Espacio y la Aeronáutica.
NESS	<i>National Environment Satellite Service</i> = Servicio nacional del medio ambiente por satélite.
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> = Administración nacional oceánica y atmosférica.
OLS	<i>Operational Linescan System</i> = Sistema operativo de barrido por líneas.
OWDS	<i>Ocean Wave Directional Spectrometer</i> = Espectrómetro direccional para las ondas oceánicas.
PCM	<i>Pulse Code Modulation</i> = Modulación por impulsos codificados.
PSK	<i>Pulse Shift Keying</i> = Transmisión por desviación de impulsos.
REA	<i>Rocket Engine Assembly</i> = Conjunto de motor cohete.
SAD	<i>Solar Array Device</i> = Equipo solar.
SAR	<i>Search and Rescue</i> = Búsqueda y rescate.
SBA	«S» <i>Band Antenna</i> = Antena en banda «S».
SBUV	<i>Solar Backscatter Ultraviolet Instrument</i> = Equipo para medir la difusión de la radiación ultravioleta solar.
SEM	<i>Space Environment Monitor</i> = Monitor del ambiente espacial.
SMR	<i>Spaceborne Meteorological Radar</i> = Radar meteorológico espacial.
SOA	«S» <i>Band Omnidirectional Antenna</i> = Antena omnidireccional en banda «S».
SP	<i>Space Platform</i> = Plataforma espacial.
SR	Igual a SAR.

SSU	<i>Stratospheric Sounding Unit</i> = Unidad de sonda estratosférica.
STPS	<i>Store Telemetry Processing System</i> = Sistema de almacenaje y proceso de telemetría.
SUSIM	<i>Solar Ultraviolet Irradiance Monitor</i> = Monitor de la radiación ultravioleta solar.
TIROS	<i>Television and Infrared Observational Satellite</i> = Satélite de observación por televisión e infrarrojo.
TOS	<i>TIROS Operational System</i> = Sistema operativo del TIROS.
UDA	<i>UHF Data Collection Antenna</i> = Antena para recogida de datos en UHF.
VAS	<i>Visible Atmospheric Sounder</i> = Sonda atmosférica en el espectro visible.
VRA	<i>VHF Real Time Antena</i> = Antena en tiempo real para VHF.