

CAPITULO 12

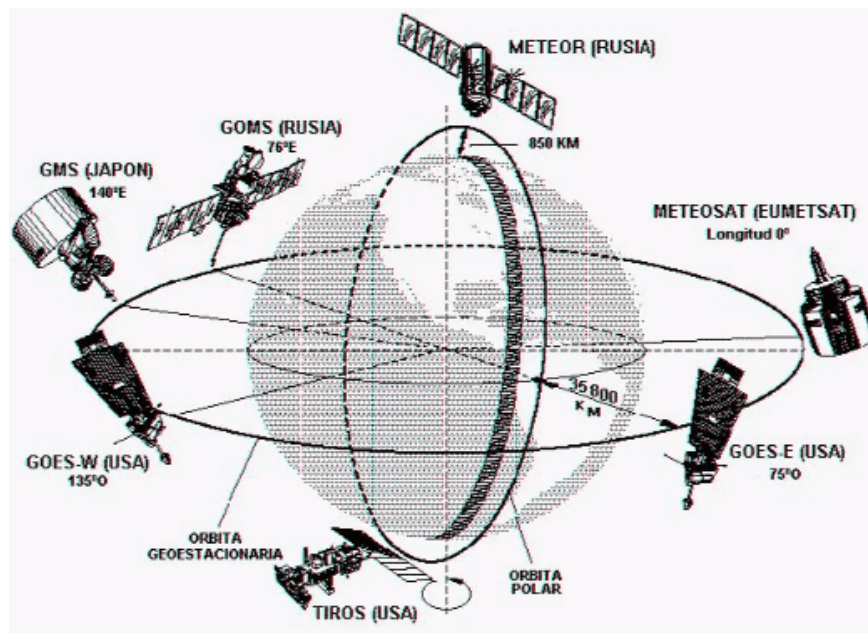
LOS SATELITES METEOROLOGICOS

1. GENERALIDADES:

El satélite Explorer 8, fue en 1959, el primero que llevó un instrumento para la observación de la atmósfera desde el espacio a través de un radiómetro de radiación global (ERBE). Los primeros satélites específicamente meteorológicos fueron los TIROS (Televisión Infra-Red Observation Sallite), en los primeros años 60, que permitieron una visión global de los sistemas nubosos.

Los satélites pueden "ver", gracias a los radiómetros que como su nombre tierra, sea ésta reflejada o emitida por ella misma. La radiación que la superficie de la tierra refleja se concentra en el espectro visible de la radiación, mientras que la propia emitida es principalmente del tipo infrarroja (IR). A ésta última se la denomina también emisión de cuerpo negro.

Los Satélites Meteorológicos constituyen el Subsistema Espacial del Sistema Mundial de Observación y su principal objetivo es completar la información facilitada por el Subsistema de Superficie de una forma económicamente viable.



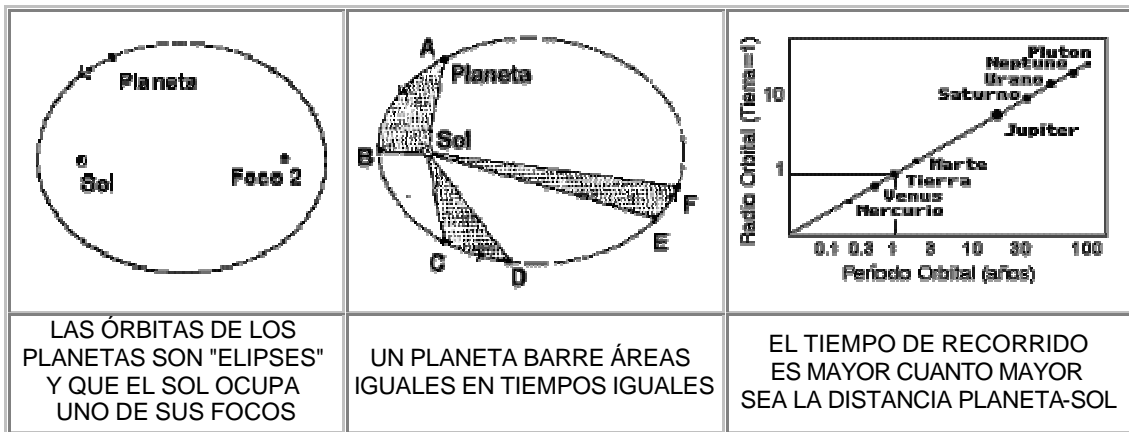
2. LAS ORBITAS DE LOS SATELITES:

Los satélites artificiales giran en torno a la Tierra conforme a la ley de gravitación universal descrita por Newton y descriptivamente cumplen con las Leyes de Kepler.

Leyes de gravitación y de Kepler

La Ley de Gravitación Universal nos dice que la fuerza de atracción de dos cuerpos está relacionada con la masa y distancia entre los mismos. A mayor masa y menor distancia, mayor atracción.

La primera ley de Kepler dice que las órbitas de los planetas son "elipses" y que el Sol ocupa uno de sus focos. La segunda, relaciona el recorrido (órbita) del planeta con el tiempo que tarda en recorrerlo y dice que un planeta barre áreas iguales en tiempos iguales. La tercera relaciona el tiempo que tarda un planeta en recorrer su órbita con la distancia media al Sol, manifestando que el tiempo de recorrido es mayor cuanto mayor sea la distancia Planeta-Sol. A pesar de estar hablando de planetas, estas leyes rigen para cualquier cuerpo que orbite entorno a otro en el espacio, por ejemplo los satélites artificiales y la Tierra.



Tipos de órbitas de los satélites

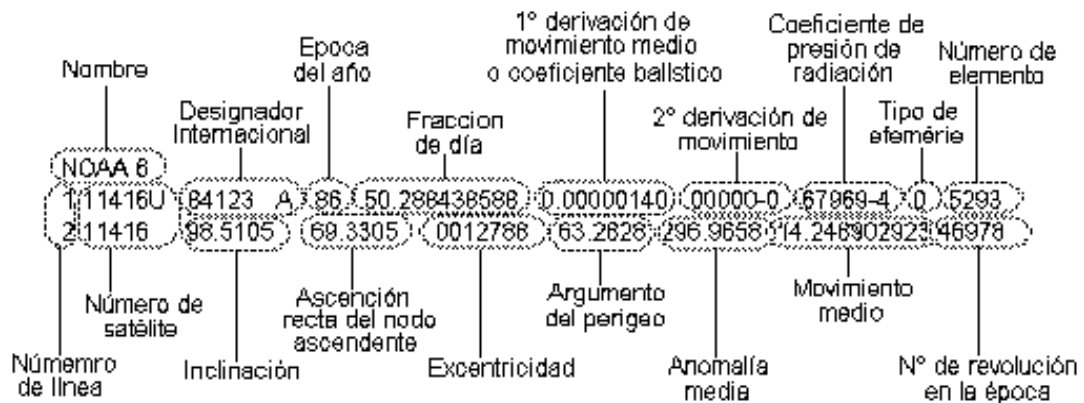
De acuerdo a la acción que el satélite deba realizar en el espacio se pueden clasificar cuatro tipos fundamentales de órbitas:

- **Hiperbólica o abierta**, que se utiliza en el lanzamiento del satélite y le permite escapar del suelo mediante una velocidad inicial.
- **Heliosíncrona o cerrada**, en la que el plano de translación del satélite contiene siempre al Sol y compensa la translación de la tierra independientemente de su rotación.
- **Geosíncrona**, también cerrada, en la que la velocidad de translación del satélite es igual a la de rotación de la tierra.
- **De gran excentricidad**, que se utilizan como órbitas de transferencia, para saltar a la órbita cerrada.

Los elementos o parámetros orbitales

Son datos numéricos que se utilizan para representar matemáticamente las órbitas de los satélites y saber en que posición se encuentran. Estos se utilizan

generalmente para los polares en donde se deberá conocer su horario de paso y posición para lograr el seguimiento. Los elementos orbitales de los TIROS se envían en partes denominados TBUS y se deben actualizar cada cierto tiempo ya que las órbitas no son perfectas, sufren de anomalías que provocan pequeños desplazamientos de los satélites. Existen fuerzas que modifican los parámetros orbitales y son el efecto de achatamiento e irregularidades de la tierra, las atracciones del sol y la luna, el roce y empuje de la atmósfera, la presión y empuje del viento solar, imprecisiones de la puesta en órbita, etc.



Predicción del paso y posición de un satélite

Mediante programas de ordenadores se calculan con los elementos del TBUS, las órbitas y se pueden predecir los pasos de los satélites en futuras épocas. Para cada época existen elementos nuevos y éstos son obtenidos y distribuidos por las entidades (como la NASA) que siguen minuciosamente el recorrido del satélite detectando sus anomalías para aplicarlas a los nuevos elementos.

3. CLASIFICACIÓN, UTILIDAD Y OBJETIVOS:

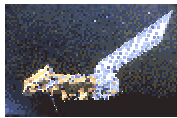
Los satélites meteorológicos pueden clasificarse en dos grandes grupos, de órbita polar o heliosincrónicos (significa que están sincronizados con el Sol) que como su nombre lo indica orbitan la Tierra de polo a polo y lo constituyen principalmente la serie TIROS de la agencia NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) de origen norteamericano y los METEOR de origen ruso. El segundo grupo se compone de los satélites Geoestacionarios o Geosincrónicos (significa que están sincronizados con el movimiento de rotación de la Tierra), que orbitan a mayor altura y se encuentran sobre o muy cercanos a la línea del Ecuador.

La utilidad de los satélites meteorológicos es la de poder visualizar el conjunto Tierra- atmósfera, y extraer la máxima información posible a través de distintas técnicas y procesos para obtener los productos cuyo objetivo se basa en el análisis cualitativo y cuantitativo de las imágenes obtenidas. Las imágenes de los satélites meteorológicos se utilizan principalmente para la visualización de nubes,

clasificación, observación del vapor de agua existente en la alta y media atmósfera, temperaturas de la superficie de tierra y temperatura superficial del mar.

4. SATÉLITES DE ÓRBITA POLAR:

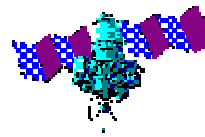
Los satélites TIROS, cuyos nombres figuran como NOAA seguido de un número (NOAA-14, NOAA-15, etc.) y los METEOR (METEOR-2, METEOR 3-5, etc.) son los más utilizados. Actualmente se encuentran en operatividad el NOAA-14, NOAA-15 y el METEOR 3-5. Se alimentan de energía mediante paneles solares que le suministran unos 200 wats de potencia.



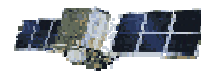
NOAA



QuikSCAT



METEOR



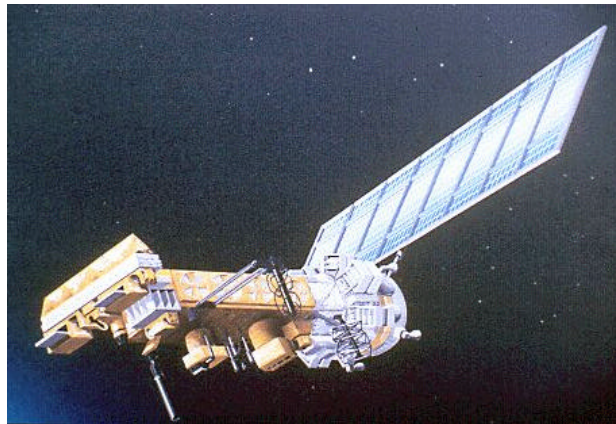
FY-1

Sus características más importantes son:

- Órbita polar o heliosíncrona, es decir que orbitan de polo a polo, con frecuencia establecida o sincronizada.
- Orbitan a una altura entre 800 y 900 kilómetros.
- Orbitan quietos (sin rotar sobre un eje) y poseen un radiómetro (sensor) llamado AVHRR que barre línea por línea la superficie de la tierra a medida que el satélite avanza.
- Pasan dos veces al día por el mismo punto.
- Al ser de órbita baja permiten altas resoluciones.
- Operan en dos modos, uno de baja resolución APT (Automatic Picture Transmition) y otro de alta HRPT (High Resolution Picture Transmition).
- Transmiten sus datos en dos frecuencias, una para cada modo.
- Los TIROS trabajan en cinco bandas, dos en visible y tres en IR (infra rojo).
- Tienen un tiempo de operatividad de aproximadamente dos años.

Estos satélites son explotados por los EE.UU. ([NOAA](#), [QuikSCAT](#)), Rusia ([Meteor](#)) y China ([FY-1](#)). Con un solo satélite se obtiene la cobertura global.

Los Satélites NOAA



Son satélites americanos de órbita polar, poseídos y operados por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Los NOAA 14 y NOAA 15, lanzados respectivamente el 29 de mayo de 1994 y el 13 de mayo de 1998, vuelan a una altitud de 850 kilómetros, en una órbita inclinada con 99 grados comparados al plano ecuatorial. Cada órbita completa alrededor de la tierra toma 102 minutos y alcanza 14 órbitas por día. Estas órbitas son sol-síncronas, es decir las cruces del satélite a cierto punto siempre en la misma hora del día. Los 2 satélites son fuera de fase; sobrevolando una misma área por lo menos 4 veces por día con un intervalo de aproximadamente 6 horas.

Están equipados con un radiómetro (Advanced Very High Resolution Radiometer) que permite una muy alta resolución (1.1 kilómetros a la vertical del satélite). Este instrumento explora una banda de 3000 kilómetros de ancho.

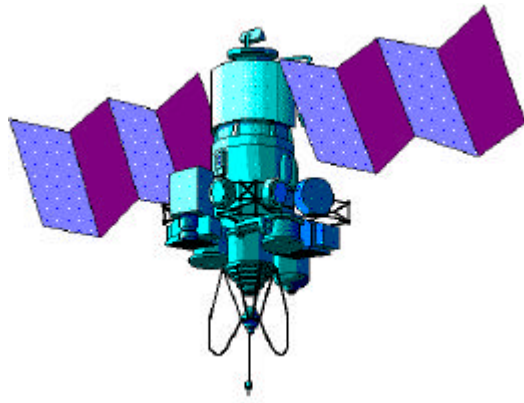
El Satélite QuikSCAT



El QuikSCAT es un satélite americano de órbita polar, poseído y operado por la NASA. Fue lanzado el 19 de junio de 1999, vuela a una altitud de 850 kilómetros, en una órbita inclinada con 98.6 grados comparados al plano ecuatorial. Cada órbita completa alrededor de la tierra toma 102 minutos y alcanza 14 órbitas por día en pasos ascendentes y descendentes. Estas órbitas son sol-síncronas.

El QuikSCAT está equipado con un scatterometer, que es un radar de alta frecuencia de la microonda (de 13.4 gigahertz) diseñado específicamente para medir la velocidad y la dirección del viento próximas a la superficie del océano. El instrumento recoge datos en una banda continua de 1800 kilómetros de ancho, haciendo aproximadamente 400.000 medidas y cubriendo 90% de la superficie de la tierra en un día. La resolución es 25 kilómetros.

El Satélite Meteor-3



El Meteor-3 es un satélite ruso de órbita polar cuyo operador es SRC PLANETA. La altitud del satélite es cerca de 1200 km.

Los Satélites FY-1



Los FY-1 son satélites chinos de órbita polar. El operador es el centro meteorológico nacional de los satélites (NSMC). Vuelan a una altitud de 870 kilómetros.

Cada órbita completa alrededor de la tierra toma 100 minutos y alcanza 14 órbitas por día. Estas órbitas son sol-síncronas.

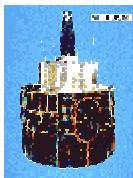
Los FY-1 están equipados con un radiómetro MVISR (Multichannel Visible and IR Scan Radiometer). Este instrumento explora una banda de 3000 kilómetros de ancho.

5. SATÉLITES DE ÓRBITA GEOESTACIONARIA:

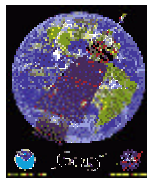
Este tipo de satélites giran en torno a la Tierra sincronizados con su velocidad de rotación, es decir que acompañan a la Tierra y por consiguiente se encuentran situados siempre en un mismo punto sobre la superficie terrestre.

Actualmente se encuentran en operatividad:

- Estados Unidos: GOES-8 (0° N, 75° W), GOES-9 (0° N, 135° W)
- Europa: Meteosat-7 (Operativo en posición 0° N, 0° E), Meteosat-6 (Redundante en stand-by en posición 0° N, 9° W), Meteosat-5 (Programa INDOEX en posición 0° N, 63° E)
- Rusia: GOMS (0° N, 76° E)
- India: INSAT (0° N, 93° E)
- China: FY-2 (0° N, 105° E) y
- Japón: GMS (0° N, 140° E).



METEOSAT



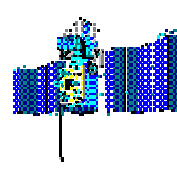
GOES



GMS



FY-2B



GOMS



INSAT

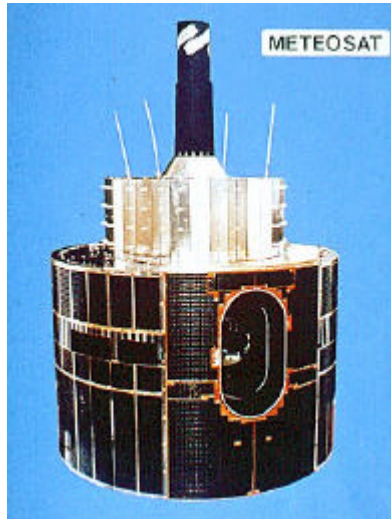
Algunas características principales de este grupo son:

- Altura desde la superficie de la tierra de 36000 Km aproximadamente.
- Giran en torno a un eje casi paralelo al eje N-S terrestre.
- Velocidad de giro de 100 RPM (Revoluciones por minuto).
- Operan en dos modos uno de alta HRI (High Resolution Image) y otro de baja resolución WEFAX (Weather Facsimile).
- Transmiten sus datos en dos frecuencias, una para cada modo.

Estos satélites son explotados por EUMETSAT ([Meteosat](#)), EE.UU. ([GOES](#)), Japón ([GMS](#)), China ([FY-2B](#)), Rusia ([GOMS](#)) y la India ([INSAT](#)). Para conseguir a

cobertura global se necesita una red de 5-6 satélites. Sin embargo, estos satélites no pueden ver los Polos.

Los Satélites METEOSAT



Los Meteosat son satélites geoestacionarios Europeos cuyo operador es EUMETSAT. La altitud de los satélites es cerca de 35800 kilómetros. El punto fijo a la vertical del satélite está en el ecuador. Los Meteosat ven siempre la misma porción del globo (42% de la superficie de la tierra).

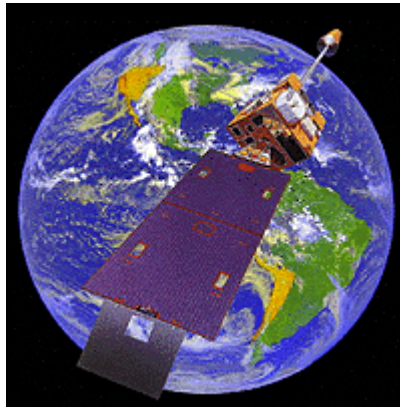


El Meteosat 7 está situado en el meridiano de Greenwich incluido Europa y Africa y Meteosat 5 está situado en 63° al este incluido el Océano Índico.

Los Meteosat están equipados con un radiómetro que explora la tierra línea por línea; cada línea consiste en una serie de elementos de imagen o de píxeles. Para cada píxel el radiómetro mide la energía radiada de las diversas gamas espectrales. Esta medida digital se cifra y se transmite a la estación de tierra para procesada antes de ser entregada a la comunidad para su utilización. Este radiómetro es un instrumento de 3 canales: el canal visible es 0.45-1.00 μm , el canal infrarrojo es 10.5-12.5 μm y el canal vapor de agua es 5.7-7.1 μm .

Las imágenes se toman a cada 30 minutos. El canal visible explora 5000 líneas, cada línea que consiste en 5000 píxeles; los canales infrarrojos exploran 2500 líneas, cada línea que consiste en 2500 píxeles. Esto equivale a una resolución de 2,5 kilómetros y de 5 kilómetros, respectivamente, en la punta del subsatélite. Debido a la curvatura de la tierra que esta resolución disminuye hacia los bordes externos de la imagen (e.g. aproximadamente 4,5 kilómetros en el canal visible incluido Europa).

Los Satélites GOES



Los GOES (Geostationary Operational Environmental Satélites) son los satélites geostacionarios americanos, poseídos y operados por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). La altitud de los satélites es cerca de 35800 kilómetros. El punto fijo a la vertical del satélite está en el ecuador. Cada satélite ve siempre la misma porción del globo (42% de la superficie de la tierra).

Las imágenes del globo se toman a cada 30 minutos y las de los Estados Unidos se toman a cada 15 minutos. Es posible explorar áreas terrestres con intervalos más frecuentes (por ejemplo cinco minutos, incluso un minuto) para la ayuda a los programas del alarma de NOAA.

Los GOES están equipados con un radiómetro que explora la tierra línea por línea que consisten en una serie de elementos de imagen o de píxeles, para cada píxel el radiómetro mide la energía radiada de las diversas gamas espectrales.

El GOES Imager es un dispositivo de 5 canales: el canal visible es 0,55-0,75 μm , los canales infrarrojo son 3.8-4.0 μm , 10.2-11.2 μm , 11.5-12.5 μm y el canal vapor de agua es 6.5-7.0 μm . En el canal visible, la resolución es 1 Km. En los canales infrarrojo, la resolución es 4 kilómetros. En el canal vapor de agua, la resolución es 8 Km.

Esta medida digital se cifra y se transmite a la estación de tierra para procesarla antes de ser entregada a la comunidad para su utilización. Los datos son

distribuidos por el National Environmental Satellite and Information Service (NESDIS) a una variedad de utilizadores.



GOES-E ESTÁ SITUADO EN 75° AL OESTE
INCLUIDO SUDAMÉRICA



GOES-W ESTÁ SITUADO EN 135° AL OESTE
INCLUIDO EL OCÉANO PACÍFICO

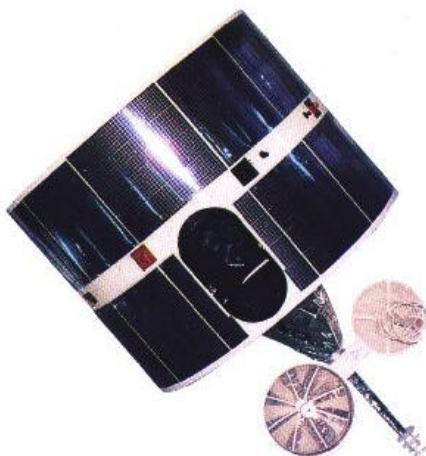
Los Satélites GMS



El GMS (Geosynchronous Meteorological Satellite) es un satélite geoestacionario japonés cuyo operador es el centro meteorológico de Japón.

La altitud de los satélites es cerca de 35800 kilómetros. El punto fijo a la vertical del satélite está en el ecuador en 140° al este. GMS ve siempre la misma porción del globo (42% de la superficie de la tierra). Está equipado con un VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer). El radiómetro explora la tierra línea por línea y consiste en una serie de elementos de imagen o de píxeles. Para cada píxel el radiómetro mide la energía radiada de las diversas gamas espectrales. Esta medida digital se cifra y se transmite a la estación de tierra para ser procesada antes de ser entregada a la comunidad para su utilización. El VISSR es un instrumento de 3 canales: el canal visible es 0,55-1,05 μm , el canal infrarrojo es 10,5-12,5 μm y el canal vapor de agua es 6,2-7,6 μm . En el canal visible, la resolución es 1.25 kilómetros. En los canales infrarrojo y vapor de agua, la resolución es 5 kilómetros.

El Satélite FY-2B

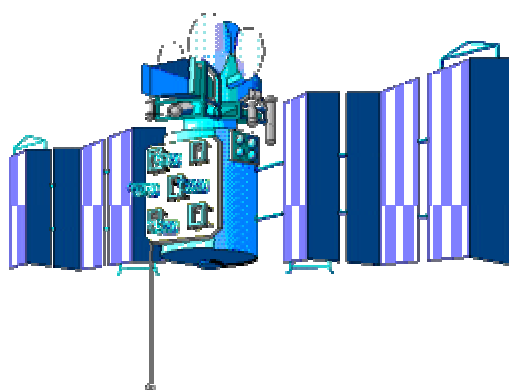


El FY-2B es un satélite geoestacionario chino cuyo operador es el centro meteorológico nacional de los satélites (NSMC). El satélite fue lanzado el 25 de junio del 2000. La altitud del satélite es cerca de 35800 kilómetros. El punto fijo a la vertical del satélite está en el ecuador en 105° al este. Meteosat ve siempre la misma porción del globo (42% de la superficie de la tierra).

Este satélite, está equipado con un VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer). El radiómetro explora la tierra línea por línea; consistente en una serie de elementos de imagen o de pixeles. Para cada pixel el radiómetro mide la energía radiada de las diversas gamas espectrales. Esta medida digital se cifra y se transmite a la estación de tierra para procesada antes de ser entregada a la comunidad para su utilización.

VISSR es un instrumento de 3 canales: el canal visible es $0,55-1,05 \mu\text{m}$, el canal infrarrojo es $10,5-12,5 \mu\text{m}$ y el canal vapor de agua es $6,2-7,6 \mu\text{m}$. En el canal visible, la resolución es 1.25 kilómetros. En los canales infrarrojo y vapor de agua, la resolución es 5 kilómetros.

El Satélite GOMS



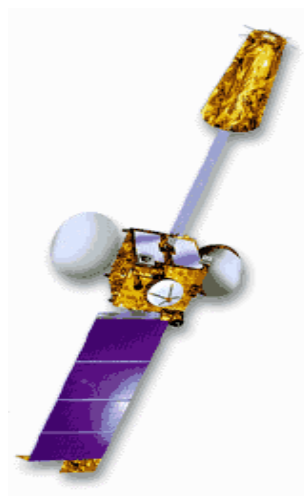
El GOMS (Geostationary Operational Meteorological Satellite) es un satélite geoestacionario ruso cuyo operador es SRC PLANETA. El satélite fue lanzado el 31 de octubre de 1994.

La altitud del satélite es cerca de 35800 kilómetros. El punto fijo a la vertical del satélite está en el ecuador en 76°50' al este. GOMS ve siempre la misma porción del globo (42% de la superficie de la tierra).

El GOMS está equipado con un radiómetro STR. El radiómetro explora la tierra línea por línea; consistente consiste en una serie de elementos de imagen o de píxeles, para cada cual el radiómetro mide la energía radiada de las diversas gamas espectrales. Esta medida digital se cifra y se transmite a la estación de tierra para procesada antes de ser entregada a la comunidad para su utilización.

El STR es un instrumento de 3 canales: el canal visible es 0,46-0,7 μm , el canal infrarrojo es 10,5-12,5 μm y el canal vapor de agua es 6,0-7,0 μm . En el canal visible, la resolución es 1.25 kilómetros. En los canales infrarrojo y vapor de agua, la resolución es 6,25 kilómetros.

El Satélite INSAT-2E



El INSAT-2E está equipado con un VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer). El radiómetro explora la tierra línea por línea; consistente en una serie de elementos de imagen o de píxeles, para cada cual el radiómetro mide la energía radiada de las diversas gamas espectrales. Esta medida digital se cifra y se transmite a la estación de tierra para procesada antes de ser difundida para su utilización.

Este satélite INSAT-2E, es un satélite geoestacionario indio y su altitud es cerca de 35800 kilómetros. El punto fijo a la vertical del satélite está en el ecuador en 74° al este y ve siempre la misma porción del globo (42% de la superficie de la tierra). El VISSR es un instrumento de 3 canales: el canal visible es 0,47-0,7 μm , el canal infrarrojo es 10,5-12,5 μm y el canal vapor de agua es 5,7-7,1 μm . En el canal

visible, la resolución es 2 kilómetros. En los canales infrarrojo y vapor de agua, la resolución es 8 kilómetros.

6. PRODUCTOS DE LOS SATELITES METEOROLÓGICOS:

Utilidad de las imágenes de alta y baja resolución

Al ser las imágenes de los canales APT y WEFAX de menor resolución y de datos que carecen de calibraciones precisas, sólo son útiles a los fines observacionales y en meteorología sinóptica, para análisis de nubes, formas, frentes, estimaciones globales, etc. Las imágenes cuantitativas en cambio, que contienen gran cantidad de información porque son de alta resolución y las componentes de la imagen están sumamente procesadas, pueden utilizarse para la observación, análisis y estudio más exacto de la atmósfera y el suelo.

Imágenes en el espectro visible (VIS)

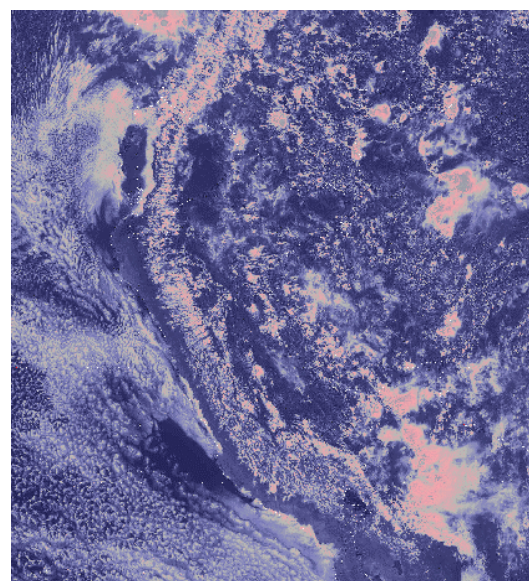
Alrededor de la mitad de la energía radiada por el Sol pertenece a las longitudes de onda visible y los radiómetros de los satélites miden la radiación solar reflejada en ese intervalo, entonces la radiancia detectada en la banda visible es una medida de la reflectividad de la Tierra.

Las zonas de alta reflectividad aparecen blancas y las de menor más oscuras hasta el negro. A esta radiación se la asocia un albedo de 1 a 100 y las componentes de una imagen HRI o HRPT se expresan en albedos relacionados con un tono de gris.

Mediante la utilización de los contrastes es posible definir la forma de los objetos en estas imágenes principalmente las nubes por lo que la banda visible es útil especialmente en la meteorología sinóptica.



PERU GVAR - SENAMHI (Alta resolución)
3-SET-2001 VIS 17:15Z (Escala gris)

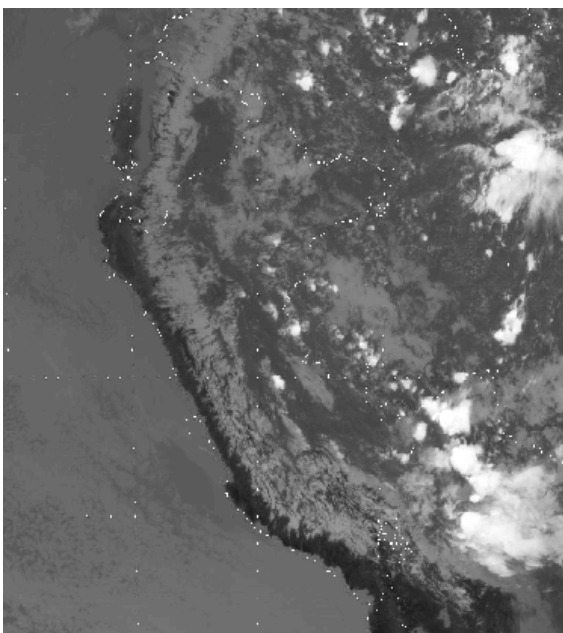


PERU GVAR - SENAMHI (Alta resolución)
3-SET-2001 VIS 17:15Z (ENH reforzado)

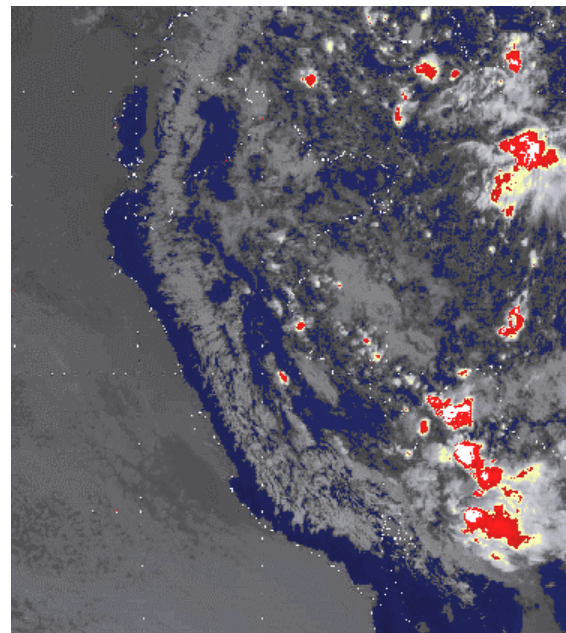
Imágenes en el espectro infrarrojo (IR)

La Tierra y la atmósfera emiten radiación térmica confinada dentro del intervalo espectral 3 a 100 μm , donde se encuentra la banda infrarroja media (3 a 30 μm). En estas longitudes de onda la reflectividad es virtualmente nula y la radiación solar despreciable, por eso se considera como radiación de cuerpo negro y se relaciona con la temperatura, medida en grados Kelvin.

En los productos HRI y HRPT los componentes de las imágenes IR se expresan en $^{\circ}\text{K}$ y se le relaciona un tono de gris. Las imágenes en IR, se utilizan principalmente para la observación de las estructuras cuando no hay radiación solar, es decir de noche y en donde, los puntos cálidos aparecen oscuros y los fríos blancos.



PERU GVAR - SENAMHI (Alta resolución)
3-SET-2001 IR 17:15Z (Escala gris)

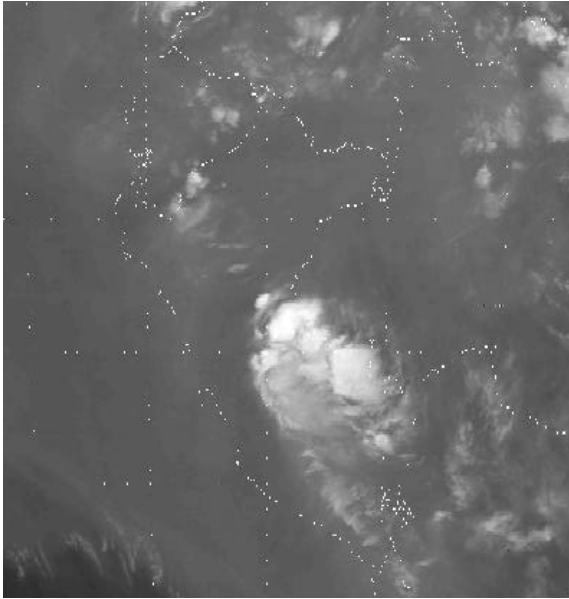


PERU GVAR - SENAMHI (Alta resolución)
3-SET-2001 IR 17:15Z (ENH reforzado)

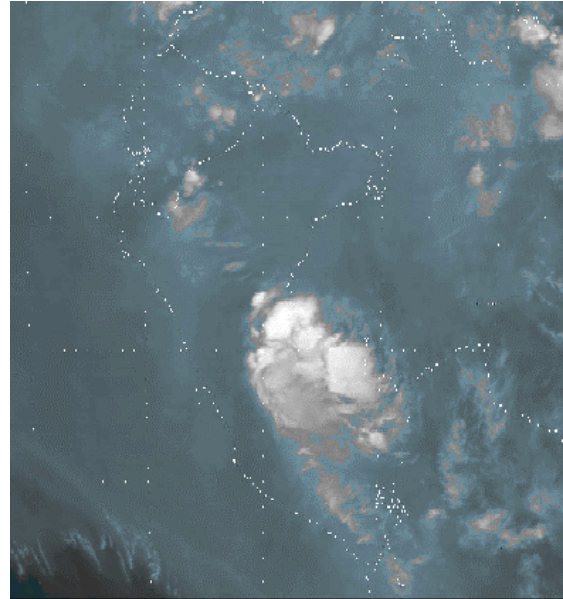
Imágenes de vapor de agua (WV)

Las imágenes en visible e infrarrojo térmico, utilizan las bandas del espectro electromagnético donde la absorción por los gases atmosféricos es pequeña, sin embargo son de interés también los intervalos espectrales donde la radiación infrarroja emitida por la Tierra es absorbida por el vapor de agua de la atmósfera.

Las imágenes en WA son en su mayoría representativas de la humedad de la media y alta tropósfera. En definitiva el canal de WA se utiliza en la banda de absorción de 6 μm dentro de la radiación IR y en general las imágenes representan la humedad media de la tropósfera.



PERU GVAR - SENAMHI (Alta resolución)
10-SET-2001 WV 14:15Z (Escala gris)



PERU GVAR - SENAMHI (Alta resolución)
10-SET-2001 WV 14:15Z (ENH reforzado)

Otros tipos de Imágenes

Imágenes RAINSAT en las que se puede obtener mediante diversas técnicas de comparación de bandas y aplicación de matrices (obtenidas por combinación de datos de satélite y radar) y algoritmos zonas de intensidad de lluvia y zonas de probabilidad de precipitaciones. A través de otras técnicas de comparación de bandas, filtrados, etc. es posible obtener productos relacionados con la temperatura del mar, del suelo o índices de vegetación, entre otros.