

# INTRODUCCIÓN

## DEFINICIÓN DE TELEDETECCIÓN.

El término teledetección es la traducción de la expresión americana de *Remote sensing* y se introduce para designar el conjunto de medios que permiten adquirir información a distancia sobre las cosas, sin necesidad de contacto material con ellas.

También se puede incluir en este término las técnicas empleadas para transformar dichos datos en información útil. Los instrumentos que se utilizan en teledetección desde el punto de vista genérico de la definición dada anteriormente son:

RADAR,

SODAR,

LIDAR (LASER),

Radiómetros instalados en:

aviones ,                    **satélites artificiales.**

El desarrollo de los satélites meteorológicos en la actualidad es muy grande ya que permite la observación de la atmósfera desde grandes distancias abarcando por tanto amplias zonas del globo, que de otra manera no sería posible. Sin embargo, en contraposición, existe el problema del detalle de la observación, pero los beneficios que esta tecnología aporta contribuyen grandemente al avance del desarrollo de modelos globales de análisis y predicción. La teledetección en combinación con el desarrollo de los modelos numéricos experimentado en los últimos años gracias al perfeccionamiento de los grandes ordenadores ha contribuido a un avance extraordinario del conocimiento de las propiedades de la atmósfera y de su comportamiento.

La técnica de la teledetección se basa principalmente en la medida de la radiación electromagnética recibida en un sensor al efecto (radiómetro). Esta radiación procedente de los cuerpos observados puede llegar al radiómetro después de varios procesos diferentes:

emisión

reflexión

scatering (difusión).

Desde el punto de vista del origen de la radiación se pueden distinguir en la teledetección varios procedimientos o tipos de teledetección:

*Métodos pasivos.* Se recibe la radiación emitida directamente por el cuerpo observado o bien reflejada o difundida por él de radiación procedente de agentes externos (p.ej. el Sol).

*Métodos activos.* Son los que necesitan de la intervención del operador para iluminar, un objeto y conseguir una imagen. En este caso siempre utilizan la radiación reflejada o difundida para la observación y nunca la emitida.

Los ejemplos mencionados anteriormente como RADAR, SODAR, LIDAR, etc, pueden englobarse dentro de los métodos activos. También pueden ser activos los que utilizan radiación electromagnética, pero en general, estará diseñados para experimentación a pequeñas distancias.

El caso del que nos vamos a ocupar aquí será casi siempre el del método pasivo, ya que para la observación de la Tierra desde el exterior o a grandes distancias, la fuente de radiación que ilumine un objeto, debería ser muy potente.

Para la observación desde satélites se utilizará normalmente, la radiación procedente del Sol que es reflejada en una zona (objeto) o emitida por él mismo en base a su estado térmico y es medida por un radiómetro.

Debe conocerse con gran detalle las propiedades radiativas de los objetos y el medio de transmisión. Estas propiedades son características del estado termodinámico en general y su efecto sobre la radiación será quien permita obtener resultados en la exploración.

Por ejemplo, la reflexión en una determinada superficie depende de su naturaleza y de su estado. Por lo que si conocemos cual es esa característica puede inferirse sus condiciones termodinámicas. Pero también el medio de transmisión, en particular, los gases que componen la Atmósfera, puede alterar la observación remota de la radiación.

En realidad la teledetección consiste en la identificación de los objetos y sus propiedades a partir de la radiación recibida desde ellos. Para lograrlo con las mayores garantías debe seguirse un proceso que consiste en la obtención de datos, su procesamiento y finalmente interpretación. Todas estas acciones se consideran también dentro del campo de la teledetección.

Debido a la complejidad del procesamiento e interpretación de datos y la dificultad en la diferenciación entre ellos, se han definido ciertos límites entre los datos interpretados y procesados:

*Datos primarios:* son datos adquiridos por sensores remotos a bordo de satélites espaciales, que consisten, normalmente, en intensidades radiativas delimitadas en ciertas bandas espectrales. y que son transmitidos a tierra, por telemetría en forma de señales analógicas o digitales como las utilizadas en la diseminación de información, aunque como en otras épocas también pueden ser transmitidas por otros medios

*Datos procesados:* son el resultado del procesamiento de los datos primarios para hacerlos útiles y manejables. En general, los datos primarios no son apropiados, ya que contienen, en algunos casos información no depurada, deben ser referidos a localizaciones en la superficie de la Tierra o capas atmosféricas etc.

*Información analizada:* Es la información resultante de la interpretación de los datos procesados, datos introducidos y propiedades conocidas desde otras fuentes (United Nations General Assembly Resolution, 1986). Para el logro de una buena información analizada es necesario combinar los datos primarios y procesados, con el conocimiento de las propiedades de los objetos y del medio, así como la introducción de parámetros característicos. Todo ello, formará parte de una modelización de los fenómenos analizados.

Por otra parte los datos obtenidos pueden clasificarse según varios tipos de informaciones adquiridas:

*Información espacial:* Organización en el espacio de los elementos que constituyen la imagen. En este punto juegan un papel importante las posibilidades de resolución de los instrumentos de observación y los datos complementarios del conocimiento morfológico del objeto.

*Información temporal:* series temporales o datos de otras características que puedan permitir el conocimiento de la evolución del fenómeno en estudio.

*Información espectral:* A partir de las características espectrales de la radiación recibida se puede llegar al conocimiento de la naturaleza de la imagen (p.ej. en el caso de las capas atmosféricas de la temperatura).

Los tres tipos de información obtenida en la observación están condicionados por su resolución. De igual manera que la resolución espacial condiciona la bondad de los datos en su distribución en el espacio, la resolución temporal determinará el conocimiento de la evolución de los fenómenos analizados, y la información espectral también dependerá de la resolución en frecuencias de los instrumentos empleados.

Muchas de las propiedades físico-químicas de los objetos pueden inferirse del comportamiento frente a determinadas bandas de radiación y no de otras. Por ejemplo, la nieve o hielo en la superficie de la tierra produce gran reflexión en el visible ( $0.54\ \mu\text{m}$ ); sin embargo, la reflectividad en el infrarrojo cercano ( $1.6\ \mu\text{m}$ ) es pequeña. El aprovechamiento de esta propiedad puede servir para la detección de nieve/hielo.

Como se verá, la absorción de radiación en estrechas bandas del espectro electromagnético, para gases componentes de la atmósfera puede posibilitar la obtención de una distribución vertical de temperatura en la troposfera y estratosfera.

En muchos casos los satélites puestos en el espacio con fines de teledetección realizan otras funciones además de las propias que pueden tener utilidad meteorológica. Reciben información desde estaciones en tierra o de otros satélites y transmiten a tierra, es decir, realizan funciones de satélites de comunicaciones. Esta tarea es lo que se conoce con el nombre ya muy extendido de diseminación de la información.

Dependerá del diseño de las plataformas para que puedan realizar esa función, pero también será necesario el equipamiento apropiado en tierra para obtener la información diseminada. Las estaciones de tierra serán las que se conocen como el ‘segmento de tierra’.

No todas las estaciones serán capaces de recibir toda la información diseminada.



## OBJETIVOS DE LA TELEDETECCIÓN

Una de las preocupaciones mayores, en la actualidad, es conocer la evolución del posible desequilibrio, térmico en el sistema Tierra-Atmósfera, lo que es consecuencia del balance radiativo entre la radiación entrante en la Tierra procedente del Sol y la que es devuelta al espacio. Las técnicas de teledetección están basadas en las medidas de radiación, es decir, de la energía transportada en forma de ondas electromagnéticas. Esta radiación no necesita un medio material para ser transportada por lo que puede ser utilizada con gran aplicabilidad en las medidas remotas.

Las diferentes características espectrales de la radiación procedente del Sol, y de la Tierra-Atmósfera permiten diferenciar con cierta facilidad el origen de la radiación, y el estudio del balance radiativo puede llevarse a cabo por comparación de la radiación recibida en un sensor para distintas bandas. La procedente del Sol se encuentra en el visible e infrarrojo cercano ( $0.3 - 3 \mu\text{m}$ ) y la procedente de la Tierra en el infrarrojo ( $3 \mu\text{m}$  en adelante).

La adquisición de información fundamental sobre la composición de la Atmósfera (en la Troposfera, Estratosfera y capas superiores), circulación a gran escala, estructura de los campos de, presión y temperatura en la misma, y la naturaleza y comportamiento de las nubes, son los objetivos inmediatos de la teledetección. Además, la transferencia radiativa y el balance térmico son también objetivos primordiales de la teledetección.

## COMPARACIÓN CON OTROS MÉTODOS.

Hay que decir que por su propia definición tiene diferencias fundamentales con el resto de métodos de observación. La utilización de medidas radiativas casi exclusivamente en teledetección le da un carácter propio. La ausencia de medidas *in situ* permiten no alterar las condiciones de los objetos. Por otra parte la cobertura de la observación es mucho más amplia, permitiendo una observación casi global simultánea de toda la atmósfera.

Las observaciones de amplia cobertura son más fáciles desde el exterior que desde el interior de la atmósfera, sobre todo, a una distancia suficiente que permita una perspectiva amplia. Por otra parte, los sistemas meteorológicos pueden observarse de forma completa gracias a la distribución de nubes, tanto su estructura como su evolución y movimiento a lo largo del globo. El comportamiento radiativo de las nubes, en las distintas bandas del espectro EM, da una información valiosa de los procesos atmosféricos ligados con ellas: identificación de masas de aire por sus propiedades térmicas, zonas de precipitación, frentes, convergencias importantes, vientos intensos etc., por lo que la teledetección en ese aspecto juega un papel extraordinario.

Para la observación de atmósferas de otros planetas, prácticamente es la única técnica posible. Sí la observación se realiza desde plataformas externas a nuestra atmósfera las interferencias de ésta se evitan totalmente y la interpretación de los datos procedentes de la de otros planetas será más correcta que si se realiza desde telescopios instalados en el suelo.

## **LIMITACIONES**

Las limitaciones se reducen prácticamente a las observaciones de la baja atmósfera y al conocimiento de fenómenos de muy pequeña escala. En otro orden de cosas, la discriminación en diferentes niveles atmosféricos no es fácil de realizar y la resolución vertical de las medidas es muy pobre a partir de las medidas radiativas, aunque existen bastantes intentos para solucionar el problema a partir de una bien fundada teoría de resolución espectral.

Las dificultades encontradas en la resolución de las observaciones son las derivadas de ciertos límites generalmente técnicos que pueden clasificarse según tres aspectos diferentes:

- Resolución espacial
- Resolución temporal
- Resolución espectral

## **SATÉLITES:**

Un satélite artificial se puede considerar en primera aproximación como un cuerpo de masa pequeña que gira alrededor de otro mucho mas pesado, y ambos considerados como puntuales. De esta forma se puede decir que los dos cuerpos que tienen interacción mutua de tipo gravitatorio cumplen las leyes de Newton y por tanto se comportan bajo la acción de fuerzas centrales

En relación con la órbita debemos distinguir dos tipos fundamentalmente:

- Órbitas geoestacionarias
- Órbitas polares (o cuasi-polares).

### Satélites geoestacionarios.

- El plano de la órbita corresponde al plano ecuatorial de la tierra.

- El período de rotación debe ser el mismo que el de la tierra, lo que implica que el satélite geoestacionario (según la 3ª ley de Kepler) se debe mantener a una distancia fija de 36000 Km de altura aproximadamente.

Recordar que el período y el radio de la órbita está relacionado por la tercera ley de Kepler o por la ley de Newton de Gravitación Universal. Veamos una estimación de la posición de un satélite geoestacionario suponiéndole órbita circular:

$$F_c = \frac{G M_T}{r^2}; \quad f_c = \omega^2 r = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

igualando

$$\frac{G M_T}{r^2} = \frac{4\pi^2 r}{T^2} \Rightarrow r^3 = \frac{G M_T T^2}{4\pi^2}$$
$$r = \left( \frac{G M_T T^2}{4\pi^2} \right)^{1/3}$$

donde

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ Kg}^{-2}$$

$$M_T = 5.98 \times 10^{24} \text{ Kg}$$

$$T = 23.94 \text{ horas} = 86210 \text{ s.}$$

con lo que resulta que

$$r = 42188 \text{ Km}$$

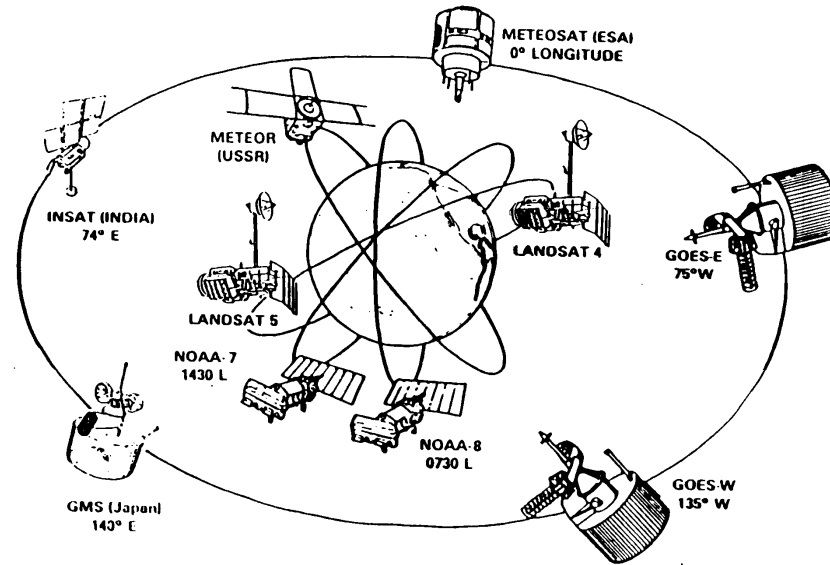
como el radio de la tierra es

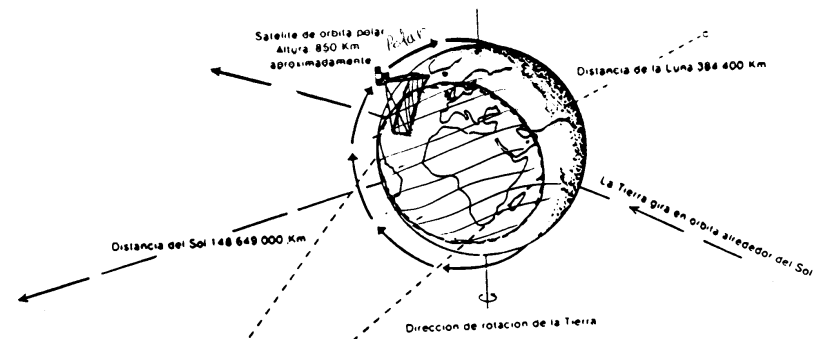
$$R_0 = 6370 \text{ Km}$$

entonces la altura sobre la superficie es

$$h = 35818 \text{ Km} \approx 36000 \text{ Km.}$$

## Operational Earth Observation Satellites

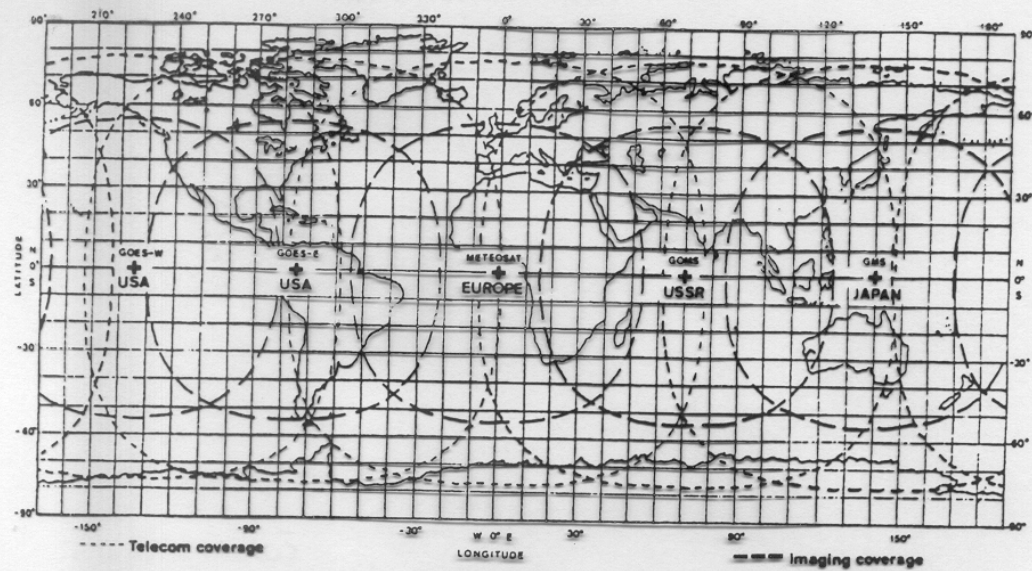




barrido de lo que informacada satélite

Satélites geoestacionarios  
Altura 36 000 Km  
geoestacionario





3.9 Cobertura de los satélites meteorológicos geoestacionarios.

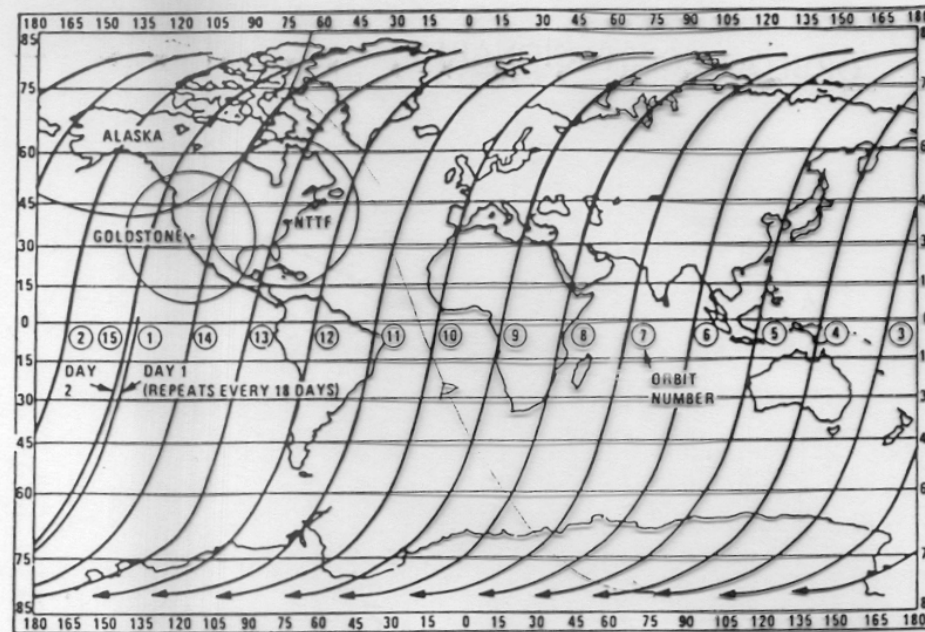


Figure 2-2-7. Typical *Landsat* daily ground tracks for daylight passes. Courtesy of NASA.

### Satélite de órbita polar:

El plano de la órbita es prácticamente un plano meridiano, es decir, que contiene al eje de rotación de la tierra. El período de la órbita es variable y depende de la distancia al centro de la tierra. Por ejemplo, los satélites de tipo NOAA oscilan alrededor de 90 o 100 minutos, con distancias a la superficie del orden de 850-1000 Km aproximadamente. Este tipo de satélites se conocen como de órbita baja, obviamente.

En realidad el plano de un satélite de este tipo está ligeramente inclinado respecto al eje de rotación de la tierra por dos motivos; por una parte, debido a la imperfección de la esfera terrestre, lo que provoca una variación en la trayectoria del satélite, y por otra, para buscar una precesión en el plano de la órbita de forma que el satélite cuando pase por un determinado punto de la superficie se encuentre en una posición fija respecto a la iluminación de la luz solar lo más adecuada posible.

Así si la precesión es de  $360^\circ$  al año, la órbita siempre estará en el mismo plano respecto al sol. Esto se conoce como órbita heliosíncrona (sun-synchronous orbit). Por ejemplo la serie de satélites Nimbus que comentaremos mas adelante tienen el plano de la órbita coincidiendo con la dirección del sol, con lo que todas las pasadas del satélite sobre cualquier punto de la superficie de la tierra coinciden con el mediodía solar o la medianoche (justo en la cara contraria de la superficie terrestre) en inglés se dice que son noon/midnight sun-synchronous).

# SERIE TIROS

Name	Launched	Weight (kg)	Period (min)	Perigee (km)	Apogee (km)	Inclination (deg)	Remarks
TIROS-I	01APR60	263	99.2	796	867	48.3	1 TV-WA and 1 TV-NA
TIROS-II	23NOV60	278	98.3	717	837	48.5	1 TV-WA, 1 TV-NA, passive & active-IR scan
TIROS-III	12JUL61	285	100.4	854	937	47.8	2 TV-WA, HB, IR, IRP
TIROS-IV	08FEB62	285	100.4	817	972	48.3	2 TV-WA, IR, IRP, HB
TIROS-V	19JUN62	287	100.5	680	1,119	58.1	1 TV-WA, 1 TV-MA
TIROS-VI	18SEP62	281	98.7	783	822	58.2	1 TV-WA, 1 TV-MA
TIROS-VII	19JUN63	299	97.4	713	743	58.2	2 TV-WA, IR, IP, HB
TIROS-VIII	21DEC63	260	99.3	696	878	58.5	First APT TV direct readout & 1 TV-WA
TIROS-IX	22JAN65	320	119.2	806	2,967	96.4	First "wheel," 2 TV-WA global coverage
TIROS-X	02JUL65	320	100.6	848	957	98.6	Sun-synchronous, 2 TV-WA
ESSA-1	03FEB66	320	100.2	800	965	97.9	First operational system, 2 TV-WA, FPR
ESSA-2	28FEB66	290	113.3	1,561	1,639	101.0	2 APT, global operational APT
ESSA-3	02OCT66	350	114.5	1,593	1,709	101.0	2 AVCS, FPR
ESSA-4	26JAN67	290	113.4	1,522	1,656	102.0	2 APT
ESSA-5	20APR67	350	113.5	1,556	1,635	101.9	2 AVCS, FPR
ESSA-6	10NOV67	290	114.8	1,622	1,713	102.1	2 APT TV
ESSA-7	16AUG68	350	114.9	1,646	1,691	101.7	2 AVCS, FPR, S-band
ESSA-8	15DEC68	290	114.7	1,622	1,682	101.8	2 APT TV
ESSA-9	26FEB69	350	115.3	1,637	1,730	101.9	2 AVCS, FPR, S-band
ITOS-1	23JAN70	683	115.1	1,648	1,700	102.0	2 APT, 2 AVCS, 2 SR, FPR, 3-axis stabilization
NOAA-1	11DEC70	683	114.8	1,422	1,472	102.0	2 APT, 2 AVCS, 2 SR, FPR
NOAA-2	15OCT72	750	114.9	1,451	1,458	98.6	2 VHRR, 2 VTPR, 2 SR, SPM
NOAA-3	06NOV73	750	116.1	1,502	1,512	101.9	2 VHRR, 2 VTPR, 2 SR, SPM
NOAA-4	15NOV74	750	114.9	1,447	1,461	101.6	2 VHRR, 2 VTPR, 2 SR, SPM
NOAA-5	29JUL76	750	116.2	1,504	1,518	102.1	2 VHRR, 2 VTPR, 2 SR, SPM
TIROS-N	13OCT78	3,127	98.52	849	864	106.3	AVHRR, HIRS-2, SSU, MSU, HEPAD, MEPED, DSC, TED
NOAA-6	27JUN79	3,127	101.26	807.5	823	98.74	AVHRR, HIRS-2, SSU, MSU, HEPAD, MEPED, DSC, TED
NOAA-7*	23JUN81	3,127	101.9	845	879	98.9	AVHRR-2, HIRS-2, SSU, MSU, HEPAD, MEPED, TED, DCS
NOAA-8*	28APR83	3,127	102.1	850	875	98.8	AVHRR, HIRS-2, SSU, MSU, HEPAD, MEPED, TED, DCS

## Key:

APT	Automatic picture transmission TV	MSU	Microwave scanner unit
AVCS	Advanced vidicon camera system (1" vidicon)	SEM	Solar environmental monitor—TED, MEPED, HEPAD
AVHRR	Advanced very high resolution radiometer—4 ch.	SPM	Solar proton monitor
AVHRR-2	Advanced very high resolution radiometer—5 ch.	SR	Scanning radiometer
DCS	Data collection system	SSU	Stratospheric sounding unit
FPR	Flat-plate radiometer	TED	Total energy detector
HB	Heat budget instrument	TV	Television cameras (1/4" vidicon)
HEPAD	High-energy proton and alpha particle detector		NA: Narrow angle—12°
HIRS-2	High-resolution infrared sounder		MA: Medium angle—78°
IP	Ion probe		WA: Wide angle—104°
IR	Infrared 3-channel scanner	VHRR	Very high resolution radiometer
IRP	Infrared passive	VTPR	Vertical temperature profile radiometer
MEPED	Medium-energy proton and electron detector		

\* Still operational as of January 1984.

La primera serie de satélites diseñados específicamente para estudios atmosféricos es la conocida como serie TIROS (Television and infrared observation satellite, 1960), otros son:

Nimbus

ESSA. o ITOS

NOAA

TIROS - N

Cosmos (rusos)

Meteor.

LandSat (fines no geológicos principalmente)

Respecto a los satélites geoestacionarios el primero lanzado fue el ATSI (Advanced Technology Satellite 1) en 1966.

Otros son:

MeteoSat (Europa)

GOES -E (Atlántico - América)

GOES -W (América - Pacífico)

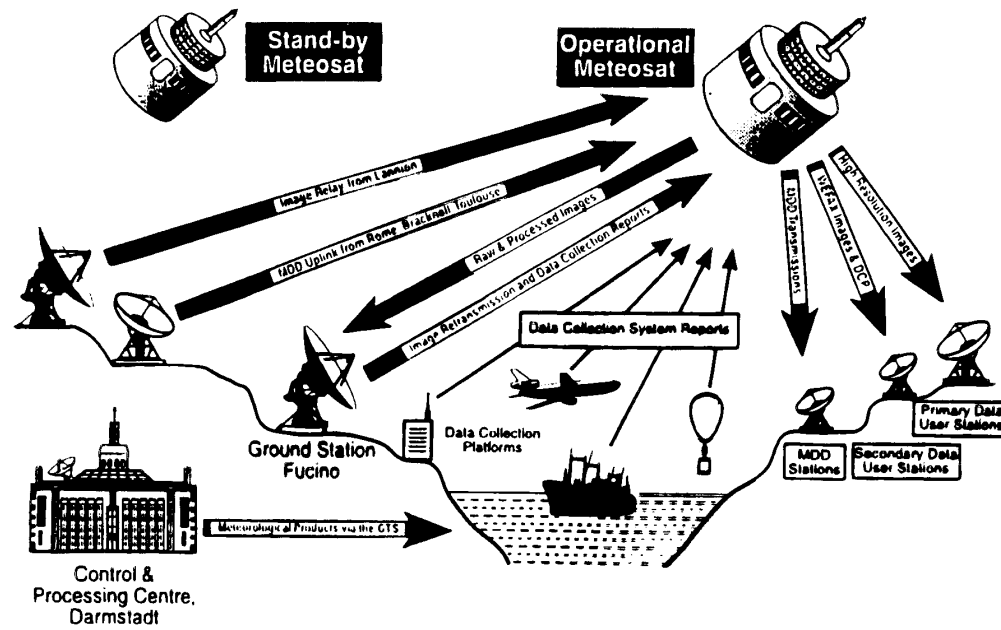
GMS (Asia- Pacífico)

INDO ( Asia)

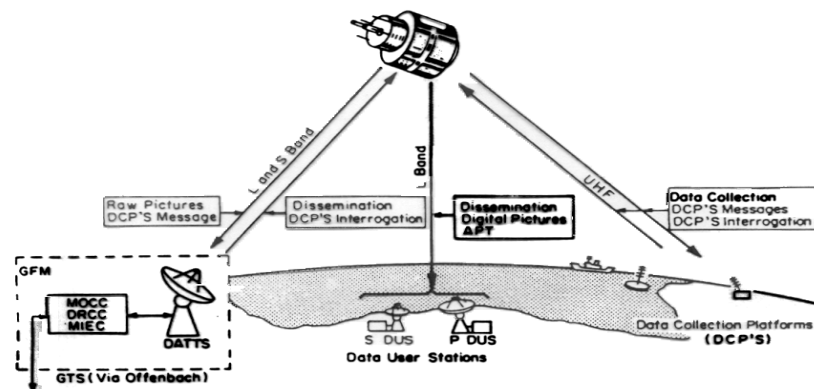
Cada satélite geoestacionario posee su propio sistema de adquisición de datos.

1. Recibe una imagen
2. Los datos se mandan a una estación (DATTS) en el suelo.
3. Los datos corregidos de las distorsiones geométricas son calibrados y formateados en una variedad de formatos.
4. Se transmiten al Meteosat que devuelve las imágenes procesadas a cualquier estación con un equipo de recepción apropiado.
5. La forma de transmisión es de dos posibilidades.
  - PDUS (usuario primario -digitales-)
  - SDUS (usuario secundario -analógico-)

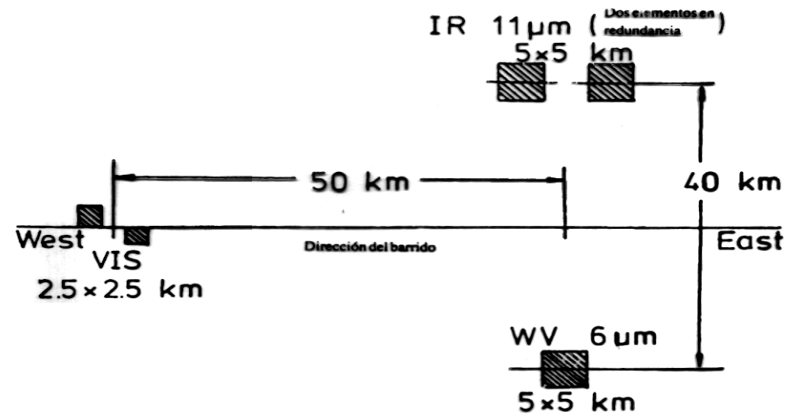
Figure 1.1 The Meteosat Missions







Sistema de difusión de datos del Meteosat mostrando el DATTs (Data Acquisition Telecommand and Tracking Station), el MOCC (Meteosat Operations Control Centre), el DRCC (Data Referencing and Conditioning Centre), el MIEC (Meteorological Information Extraction Centre) y el enlace con el GTS (Global Telecommunication System).



Resolución espacial del sistema de toma de imágenes del Meteosat.

## **BANDAS ESPECTRALES DE DISTINTOS SATÉLITES GEOESTACIONARIOS:**

### ➤ **METEOSAT (0° E)**

0.5 - 0.9 $\mu\text{m}$	Banda visible (VIS)
5.7 - 7.1 $\mu\text{m}$	Banda de absorción del vapor de agua (WV)
10.5 - 12.5 $\mu\text{m}$	Banda de infrarrojo térmico (ventana) (IR)

### ➤ **GOES-E / GOES-W (75° W / 135° W)**

0.55 - 0.75 $\mu\text{m}$	Banda visible
3.80 - 4.00 $\mu\text{m}$	Banda de infrarrojo cercano
6.50 - 7.00 $\mu\text{m}$	Banda de absorción del vapor de agua
10.20 - 11.20 $\mu\text{m}$	Banda de infrarrojo térmico (ventana)
11.5 - 12.50 $\mu\text{m}$	Banda de infrarrojo térmico (ventana)

➤ **GMS (140°E)**

0.55 - 0.90 $\mu\text{m}$	Banda visible
6.50 - 7.00 $\mu\text{m}$	Banda de absorción del vapor de agua
10.5 - 11.50 $\mu\text{m}$	Banda de infrarrojo térmico (ventana)
11.5 - 12.50 $\mu\text{m}$	Banda de infrarrojo térmico (ventana)

➤ **INDO (GOMS) (76°E)**

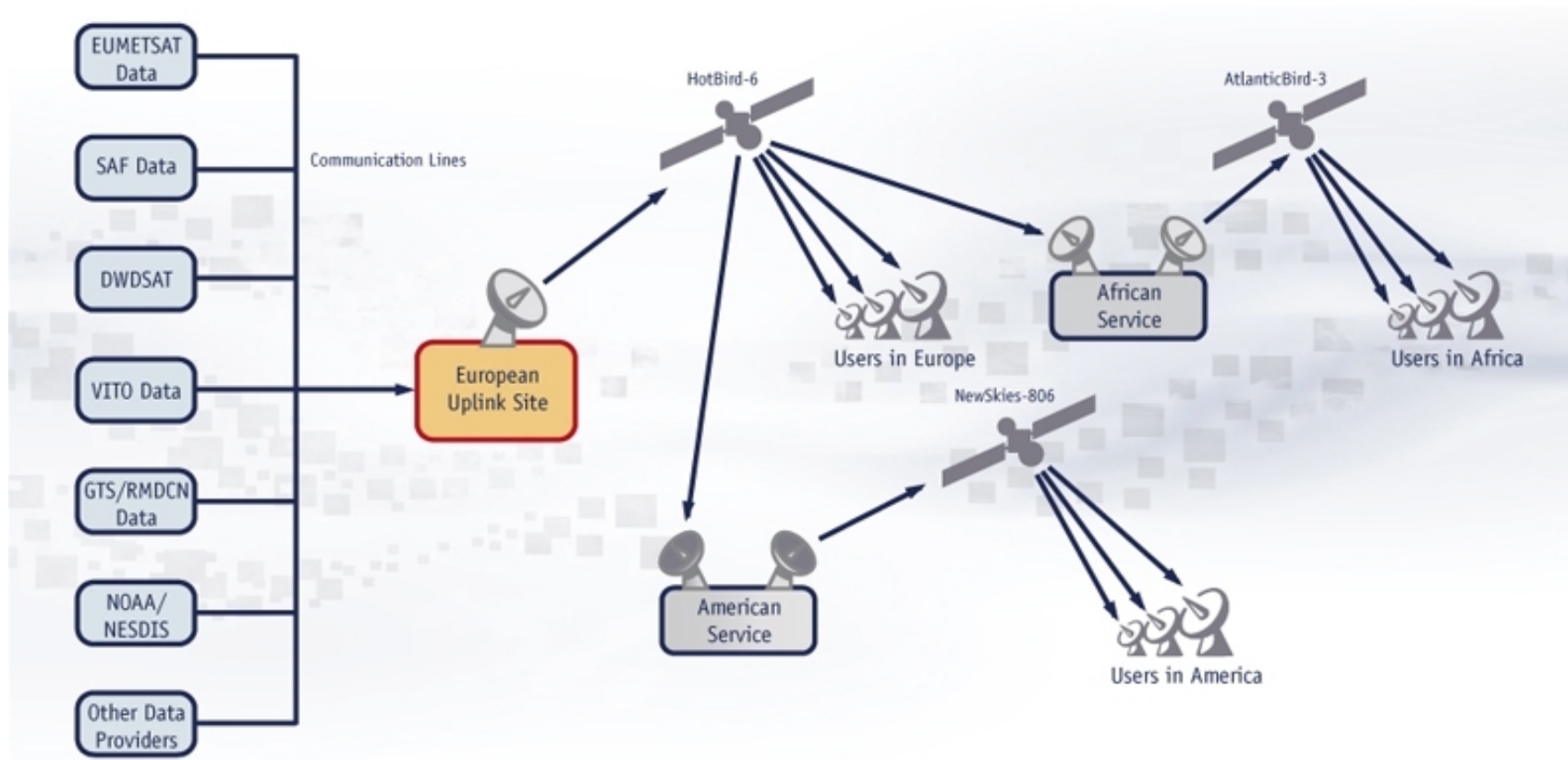
0.46-070 $\mu\text{m}$	Banda visible
6.00-7.00 $\mu\text{m}$	Banda de absorción del vapor de agua
10.5-12.5 $\mu\text{m}$	Banda de infrarrojo térmico (ventana)

En la actualidad está funcionando la Segunda Generación de Meteosat (MSG), con importantes variaciones tanto en los canales de recepción de imágenes como en las resoluciones espacial y temporal. El radiómetro que tiene se llama SEVIRI.

La disseminación de la información es también diferente. Para más información consultar: <http://www.eumesat.de>

Los tipos de transmisiones son LRIT / HRIT. (Low / High Rate Information Transmission)

El sistema de transmisión se llama EUMETCast. Consiste básicamente en la disseminación a través de un satélite de comunicaciones el Hotbird -6, como señal de televisión en la banda 'Ku' (para Europa, hay otra para África, banda C), DVB.



La lista de satélites del CGMS (2004) se puede encontrar [aquí](#)

Channel No.	Spectral Band (μm)	Characteristics of Spectral Band (μm)			<a href="#">Main observational application</a>
		Centre	Min	Max	
1	VIS0.6	0.635	0.56	0.71	Surface, clouds, wind fields
2	VIS0.8	0.81	0.74	0.88	Surface, clouds, wind fields
3	NIR1.6	1.64	1.50	1.78	Surface, cloud phase
4	IR3.9	3.90	3.48	4.36	Surface, clouds, wind fields
5	WV6.2	6.25	5.35	7.15	Water vapor, high level clouds, atmospheric instability
6	WV7.3	7.35	6.85	7.85	Water vapor, atmospheric instability
7	IR8.7	8.70	8.30	9.1	Surface, clouds, atmospheric instability
8	IR9.7	9.66	9.38	9.94	Ozone
9	IR10.8	10.80	9.80	11.80	Surface, clouds, wind fields, atmospheric instability
10	IR12.0	12.00	11.00	13.00	Surface, clouds, atmospheric instability
11	IR13.4	13.40	12.40	14.40	Cirrus cloud height, atmospheric instability
12	HRV	Broadband (about 0.4 - 1.1 μm)			Surface, clouds