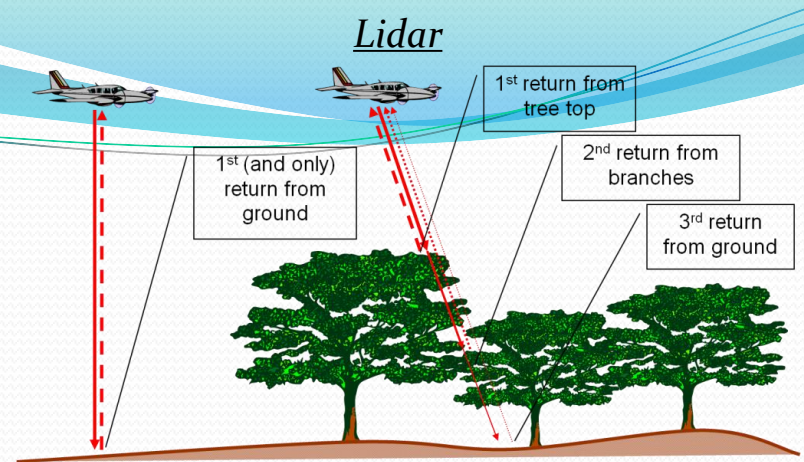


Módulo 3. Sistemas de teledetección

Tipos de sensores y satélites

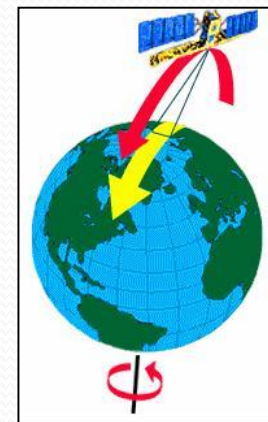
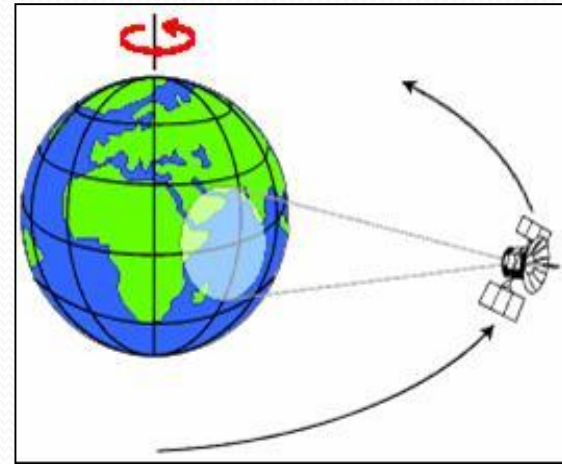
Forma de recibir la energía

- Sensores activos (radar, Lidar)
- Sensores pasivos



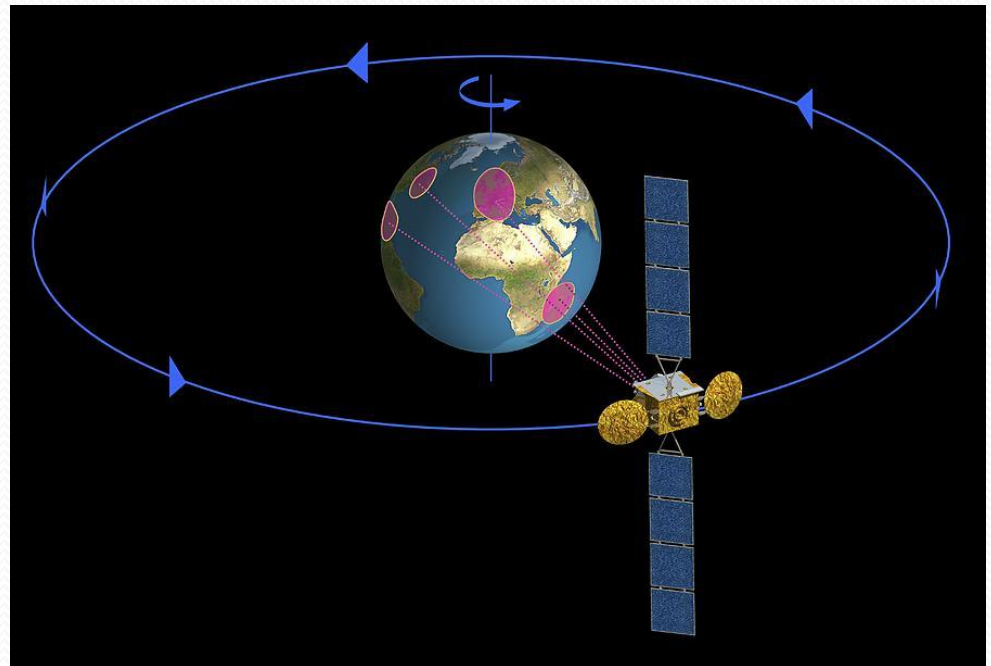
Órbita de los satélites

- Geoestacionarios (Ecuatoriales)
- Heliosincrónicos (Polares)



Geoestacionarios

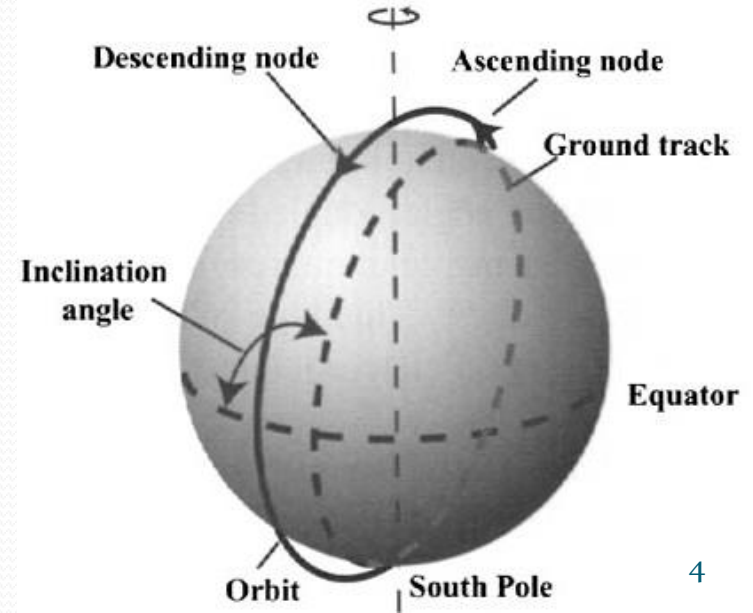
- Características
 - órbita circular a una altitud de 36000 km
 - órbita en el plano ecuatorial
 - bajas resoluciones espaciales
 - aplicaciones: comunicación, meteorológicas (Meteosat, GOES).
geológicas. etc.



Heliosincrónicos

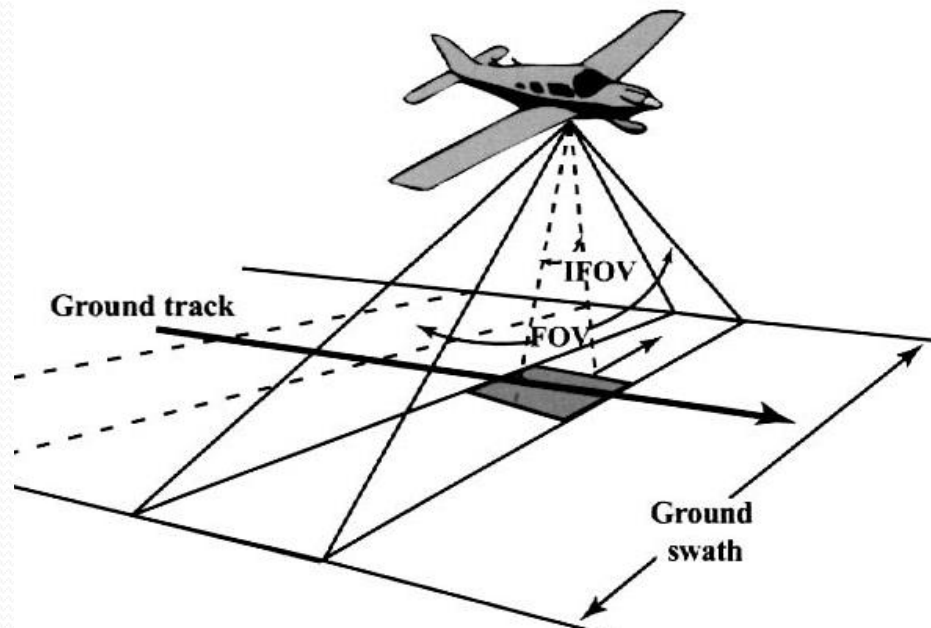
Características

- órbita casi polar
- hora local fija a lo largo del año para una latitud dada
- escala de observación constante
- cambios en los ángulos de visión sólo por variaciones estacionales del ángulo solar
- altitudes mayores a los 300 km
- comúnmente usados para observación terrestre y meteorología de alta resolución
- Ej: SPOT, Landsat, Terra



Tipos de toma de imágenes

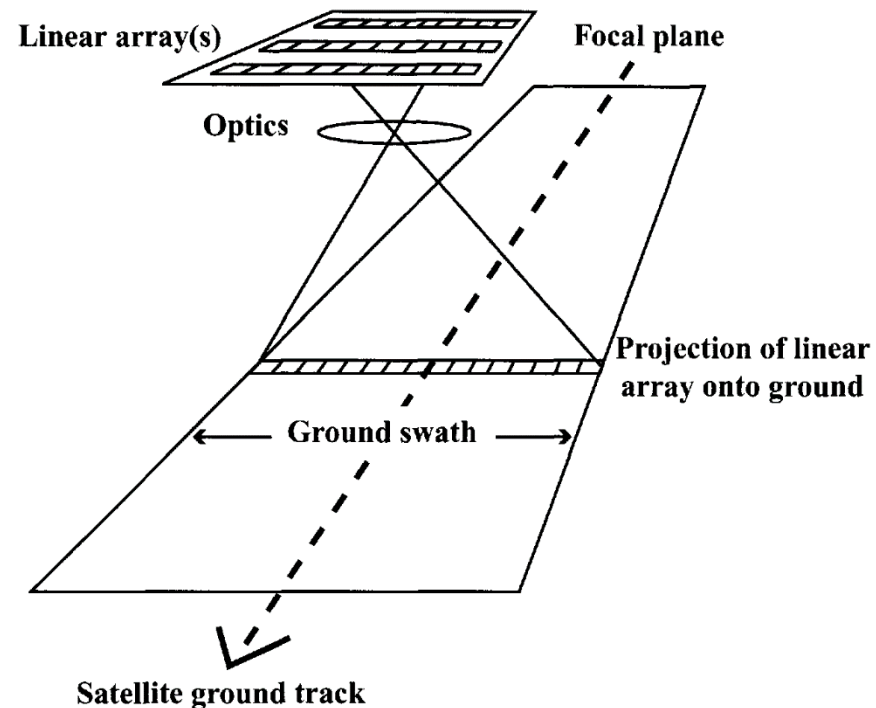
- Escáner en línea (Scanner line). Ej.: NOAA-AVHRR, GOES



- **Barredor (Push-broom).** Ej.: SPOT, Ikonos, QuickBird

Los detectores están dispuestos en forma lineal para detectar líneas enteras de datos simultáneamente.

Se necesitan líneas largas de sensores para cubrir grandes swath (60 km en SPOT vs 2400 km en NOAA-AVHRR).



- **Más complejos.** Ej.: Landsat

Resoluciones de los sensores

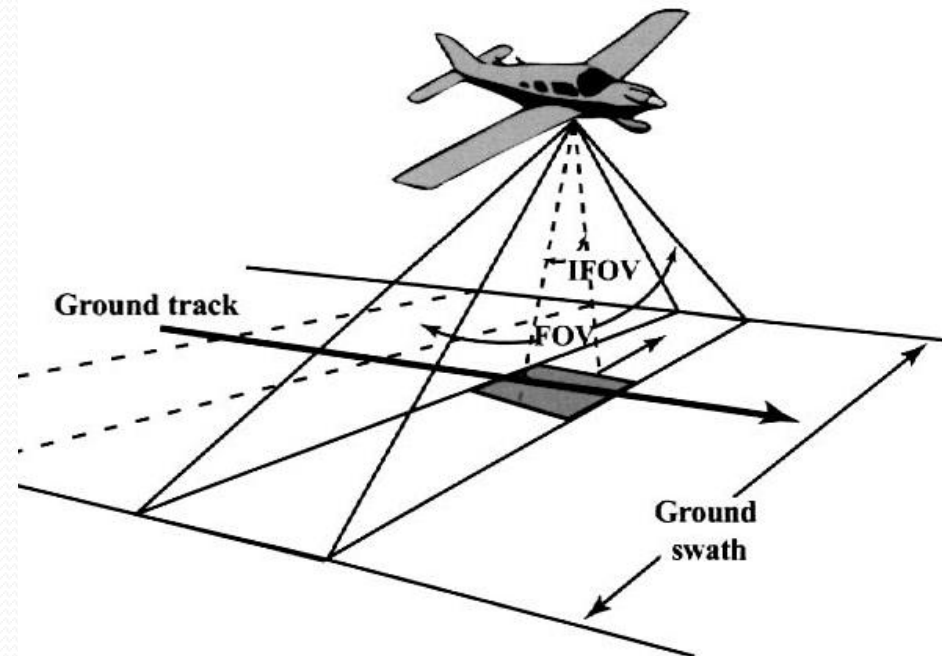
Se distinguen 4 tipos de resolución: espacial, espectral, temporal, radiométrica.

Resolución espacial: La resolución espacial es el tamaño del píxel, en algunos casos se emplea el concepto de IFOV (campo instantáneo de visión), que se define como la sección angular observada por un detector individual, ya que el tamaño del píxel en una escena es variable incrementándose conforme nos alejamos del punto nadir.

Conceptos:

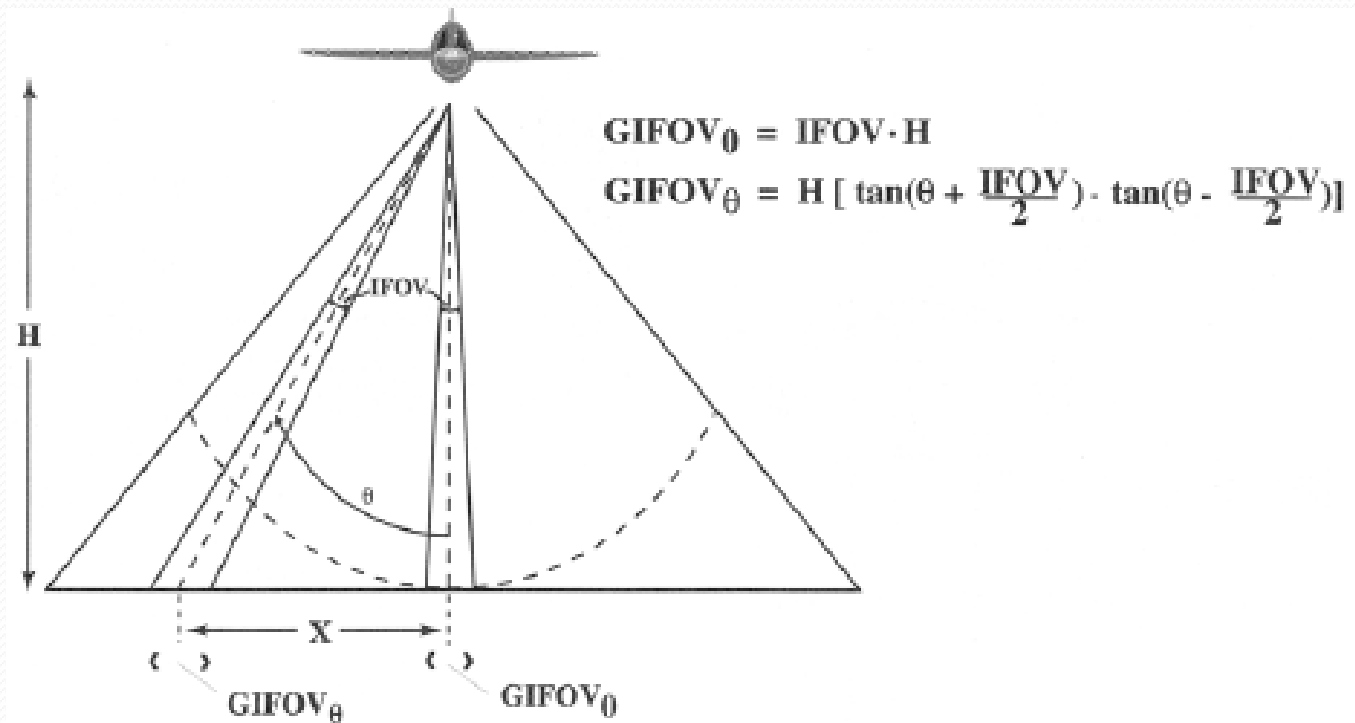
FOV (Field of View): Extensión angular de la imagen en la dirección perpendicular al avance del sensor.

SWATH (Proyección del FOV): Anchura de la imagen en la dirección perpendicular al avance.



Esquema de scanner en línea (ej: AVHRR, GOES)

GIFOV (Ground Instantaneous Field of View): Proyección del IFOV en la superficie.



$$GIFOV = H \cdot IFOV$$

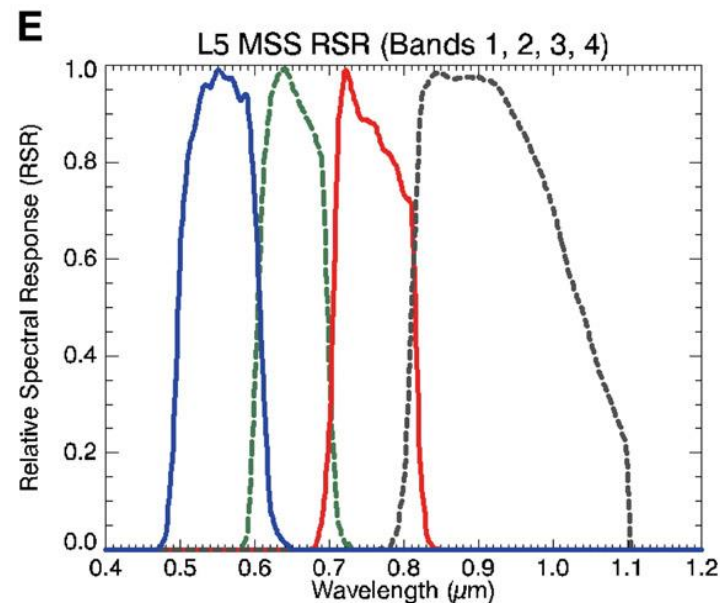
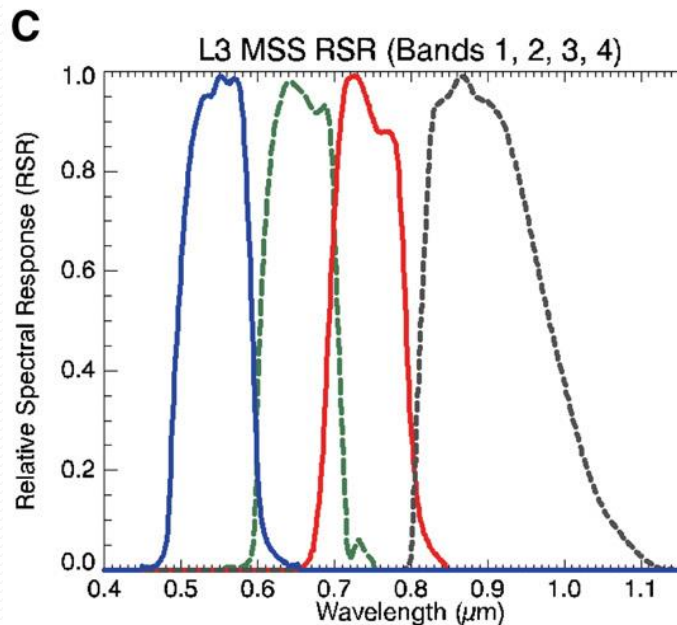
H: altura de vuelo sobre el terreno

Resolución espectral: Número de bandas y ancho de banda.

Cuanto más bandas incluya un sensor, mejor, ya que cada banda constituye una variable para caracterizar la superficie captada.

Es preferible que estas bandas sean estrechas.

Si las bandas son muy anchas van a recoger valores promediados que ocultarán elementos de diferenciación.

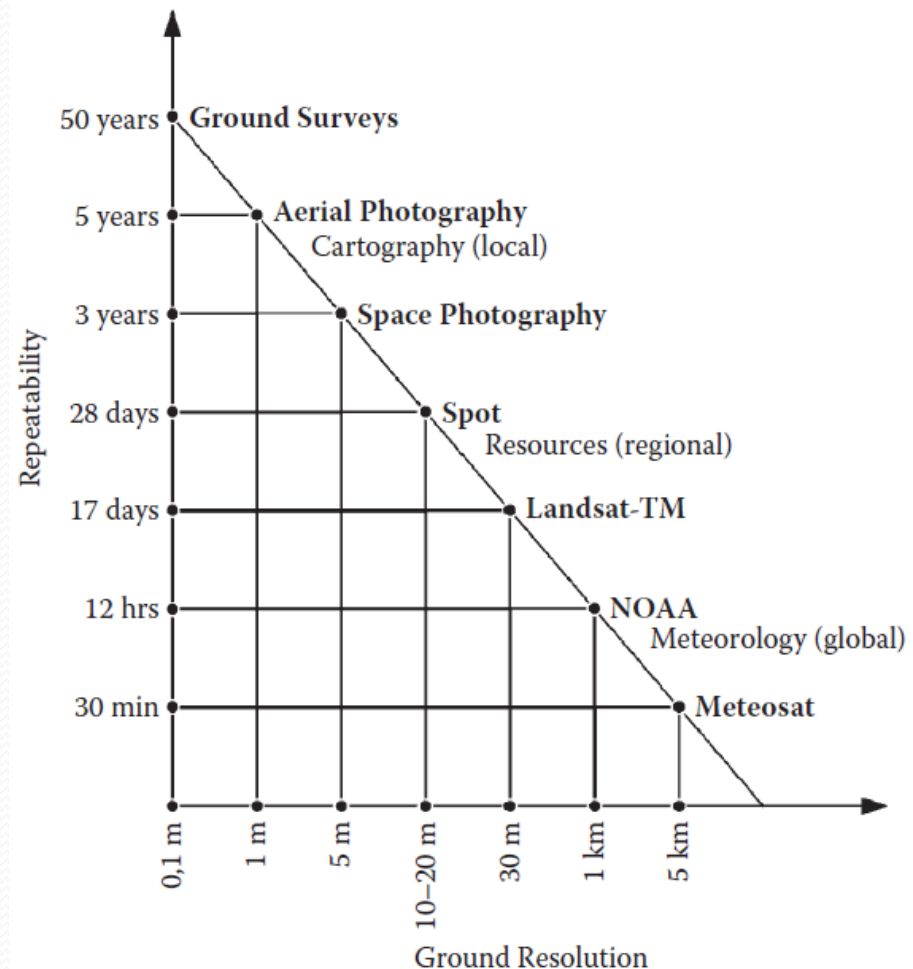


Ejemplo. Funciones filtro de los satélites Landsat 3 y 5, bandas del Visible e IRC.

Resolución temporal: Frecuencia de cobertura, Periodo de revisita o ciclo de repetición. Se refiere a la periodicidad con que un sensor capta imágenes de una misma zona.

Indica el tiempo del paso del satélite sobre la vertical de un punto.

La resolución temporal está condicionada por el tipo de órbita, el ángulo de barrido y la velocidad del satélite.



Ver video [MODIS](#)

Resolución radiométrica: Número de niveles de gris (energía) distintos que registra el sensor.

Indica la sensibilidad del sensor, es decir la capacidad de discriminar entre pequeñas variaciones en la radiación que capta.

Se expresa en número de bits que es capaz de almacenar cada píxel.

Niveles de energía = 2^n
 donde n es el número de bits del sensor

Ejemplos:

LANDSAT, SPOT-5: 8 bits, valores de 0-255

Landsat 8: 12 bits (Valores de 0-4095)

SPOT 6 y 7: 12 bits

MODIS: 12 bits.

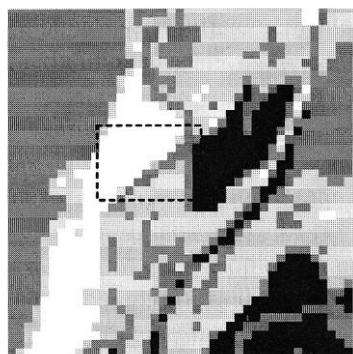
ASTER: 8 / 12 bits.



8bits (0-255)

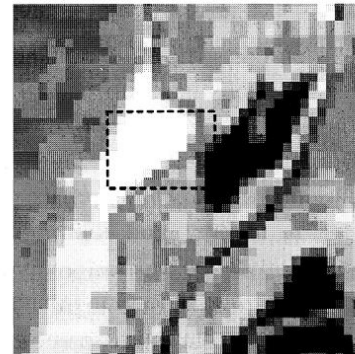


2bits (0-3)



2 bits

3	3	3	3	3	3	2	1	2	2	2
3	3	3	3	3	3	2	1	2	2	1
3	3	3	3	3	3	2	1	1	0	0
3	3	3	3	3	3	1	1	0	0	0
3	3	3	3	2	1	1	1	0	0	0
3	3	3	2	1	1	2	1	0	0	0
3	2	1	1	2	2	2	1	0	0	0
2	1	1	2	2	2	2	1	0	0	0
1	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0



3 bits

6	7	7	7	7	6	5	3	5	5	5
7	7	7	7	7	6	5	3	4	4	3
7	7	7	7	7	6	4	3	3	1	0
7	6	7	7	6	6	3	3	1	0	0
7	7	7	6	5	3	3	2	0	0	0
7	7	7	4	3	3	4	2	0	0	0
6	5	3	3	4	4	4	2	0	0	0
5	3	3	4	4	4	5	3	0	0	0
3	4	4	4	4	4	4	2	0	0	0

Misiones de satélite

LANDSAT

- Altitud 705 km
- Angulo de la órbita 98.2°
- Swath Landsat 8: 185 km
- Hora de pasada en nuestra región: 10:45
- Sensores: ETM+ (anteriores MSS y TM) y TIRS; OLI y TIRS en Landsat 8
- Pixel de 30 metros para las multibandas (0.45 a 2.35 μm), 15 metros en pancromática (0.522 -0.900 μm) y 60-120 m en IRt
- Revisita 16 días

Ejemplo de Landsat 5 TM*

Plataforma Sensor	Banda	Resolución espectral (μm)	Resolución espacial (m)	Resolución Temporal (días)	Resolución radiométrica (bits)	Área de cobertura (km)
Landsat 5 TM	1	0.45-0.52 (visible-azul)	30	16	8	185 x 170
	2	0.52-0.60 (visible-verde)	30			
	3	0.63-0.69 (visible-rojo)	30			
	4	0.76-0.90 (IR cercano)	30			
	5	1.55-1.75 (IR medio)	30			
	6	10.40-12.50 (IR térmico)	120			
	7	2.09-2.35 (IR medio)	30			
Landsat 7 ETM+	1	0.45-0.51 (visible-azul)	30	16	8	185 x 185
	2	0.52-0.60 (visible-verde)	30			
	3	0.63-0.69 (visible-rojo)	30			
	4	0.77-0.90 (IR cercano)	30			
	5	1.55-1.75 (IR medio)	30			
	6.1 - 6.2	10.40-12.50 (IR térmico)	60			
	7	2.09-2.35 (IR medio)	30			
	8	0.52-0.90 (Pancromática)	15			

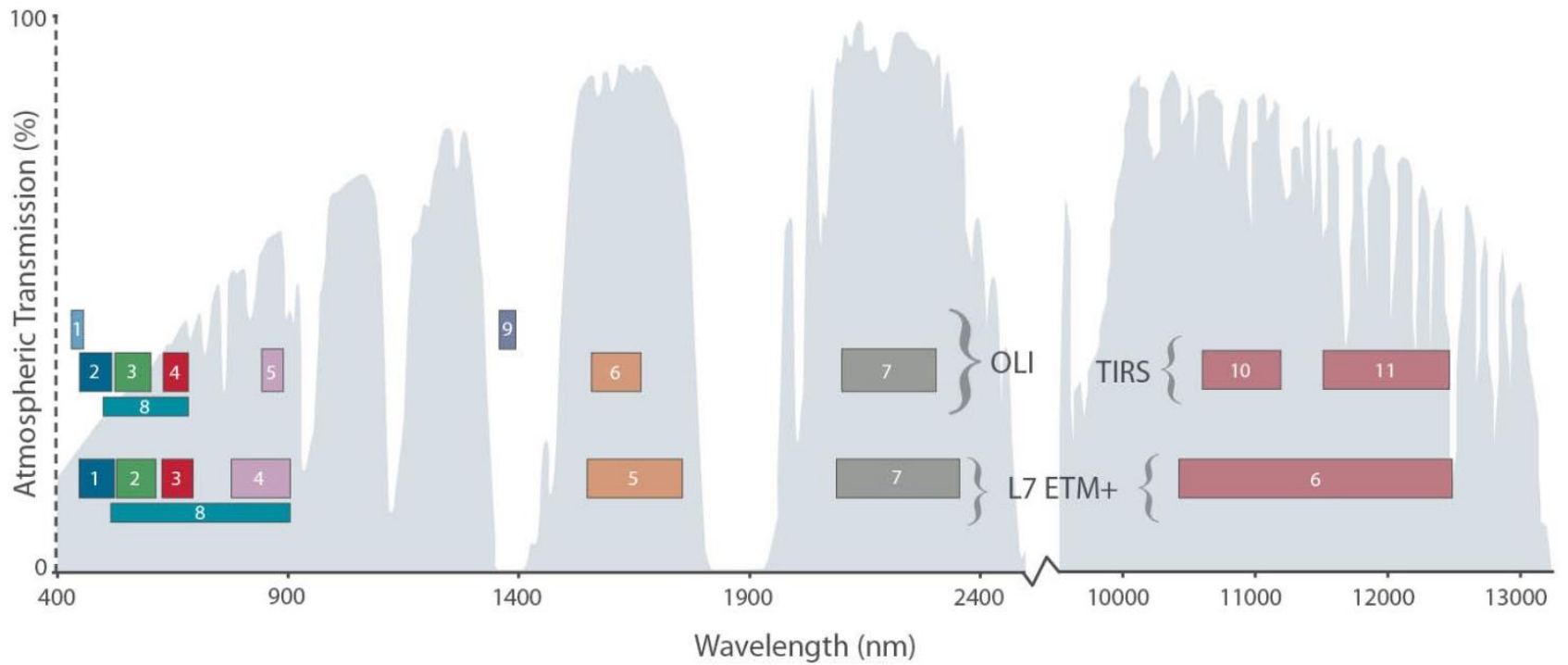
Características mecánicas

- Masa del instrumento: 2126 kg
- Dimensiones: 1 x 0.6 x 2.5 m

* Landsat 7 ETM+ no funciona adecuadamente.

Comparación Landsat 7 y Landsat 8

Landsat-7 ETM+ Bands (μm)			Landsat-8 OLI and TIRS Bands (μm)		
			30 m Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451	Band 1
Band 1	30 m Blue	0.441 - 0.514	30 m Blue	0.452 - 0.512	Band 2
Band 2	30 m Green	0.519 - 0.601	30 m Green	0.533 - 0.590	Band 3
Band 3	30 m Red	0.631 - 0.692	30 m Red	0.636 - 0.673	Band 4
Band 4	30 m NIR	0.772 - 0.898	30 m NIR	0.851 - 0.879	Band 5
Band 5	30 m SWIR-1	1.547 - 1.749	30 m SWIR-1	1.566 - 1.651	Band 6
Band 6	60 m TIR	10.31 - 12.36	<i>100 m TIR-1</i>	<i>10.60 - 11.19</i>	Band 10
			<i>100 m TIR-2</i>	<i>11.50 - 12.51</i>	Band 11
Band 7	30 m SWIR-2	2.064 - 2.345	30 m SWIR-2	2.107 - 2.294	Band 7
Band 8	15 m Pan	0.515 - 0.896	15 m Pan	0.503 - 0.676	Band 8
			30 m Cirrus	1.363 - 1.384	Band 9



Bandas de LANDSAT 7 (sensor ETM+) y 8* (sensor OLI/TIRS).
 *Lanzado en febrero de 2013.

Video órbita [Landsat](#)

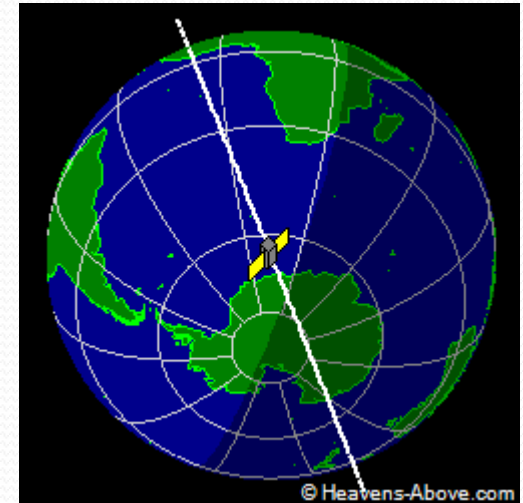
SPOT

■ Descripción de la órbita SPOT 3

- Casi polar (ángulo 98.7 grados)
- Altitud de 832 km
- Pasaje ascendente a 10:30 horas
- Ciclo de 26 días

■ Características ópticas SPOT 3

- Faja en vista vertical 60 km
- Píxel 20 m modo XS y 10 m modo P
- Permite tomar imágenes estereoscópicas



SPOT satellite	Spectral bands	Ground pixel size	Spectral resolutions
SPOT 5	P: panchromatic	2.5 metres or 5 metres	0,48 – 0,71 µm ←
	B1: green	10 metres	0,50 – 0,59 µm
	B2: red		0,61 – 0,68 µm
	B3: near infrared		0,78 – 0,89 µm
	B4: short-wave infrared (SWIR)	20 metres	1,58 – 1,75 µm
SPOT 4	M: monospectral	10 metres	0,61 – 0,68 µm
	B1: green	20 metres	0,50 – 0,59 µm (XS ₁)
	B2: red		0,61 – 0,68 µm (XS ₂)
	B3: near infrared		0,78 – 0,89 µm (XS ₃)
	B4: short-wave (SWIR)		1,58 – 1,75 µm (XS ₄)
SPOT 1, 2 & 3	P: panchromatic	10 metres	0,51 – 0,73 µm
	B1: green	20 metres	0,50 – 0,59 µm
	B2: red		0,61 – 0,68 µm
	B3: near infrared		0,78 – 0,89 µm

Mapas a 1:50.000

Sensor	Comienzo	Fin
SPOT 1	1986	2003
Spot 2	1990	2009
Spot 3	1993	1996
Spot 4	1998	2013
Spot 5	2002	2015
Spot 6	2012	
Spot 7	2014	

SPOT 6 y 7- Características

(operan en constelación, con revisita diaria)

Launch Date	September 9, 2012
Launch Vehicle	PSLV
Launch Location	Satish Dhawan Space Center (India)
Multispectral Imagery (4 bands)	Blue (0.455 μm – 0.525 μm) Green (0.530 μm – 0.590 μm) Red (0.625 μm – 0.695 μm) Near-Infrared (0.760 μm – 0.890 μm)
Resolution (GSD)	Panchromatic - 1.5m Multispectral - 6.0m (B,G,R,NIR)
Imaging Swath	60 Km at Nadir



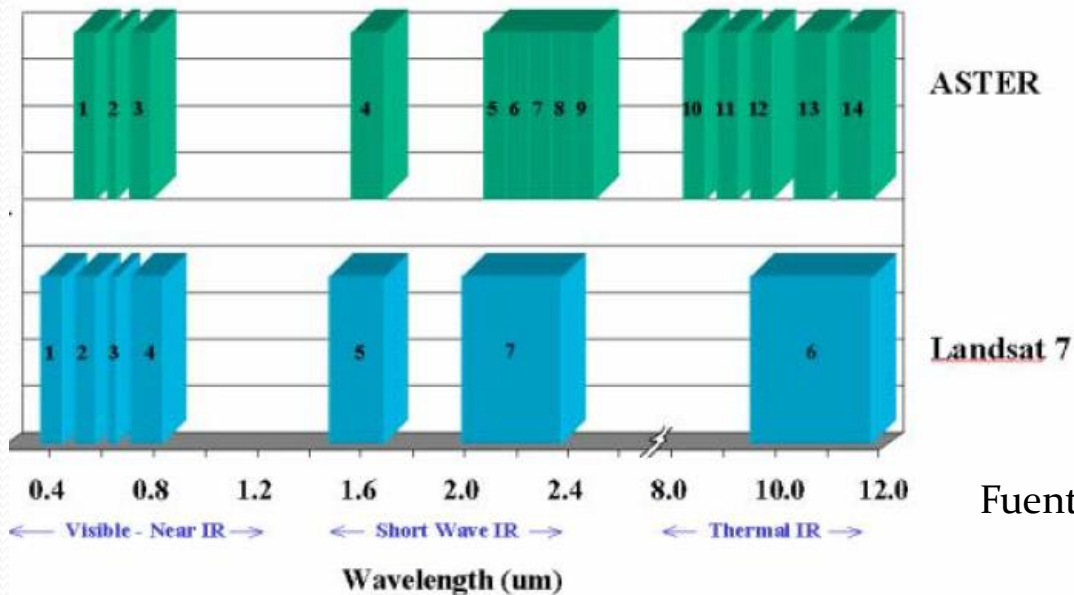
Fuente: <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/spot-6/>



ASTER (sensor a bordo de la plataforma Terra)

- Sensor **A**dvanced **S**paceborne **T**hermal **E**mission and **R**eflection **R**adiometer
- Altitud 705 km
- Ancho de barrido: 60 km
- Hora de pasaje local 10.30 horas
- Pixel de 15-90 metros
- Revisita: 16 días
- Posibilidad de imágenes estereoscópicas (MDT)
- Imágenes desde 1999

Subsystem	Band No.	Spectral Range (μm)	Spatial Resolution, m	Quantization Levels
VNIR	1	0.52-0.60	15	8 bits
	2	0.63-0.69		
	3N	0.78-0.86		
	3B	0.78-0.86		
SWIR	4	1.60-1.70	30	8 bits
	5	2.145-2.185		
	6	2.185-2.225		
	7	2.235-2.285		
	8	2.295-2.365		
	9	2.360-2.430		
TIR	10	8.125-8.475	90	12 bits
	11	8.475-8.825		
	12	8.925-9.275		
	13	10.25-10.95		
	14	10.95-11.65		



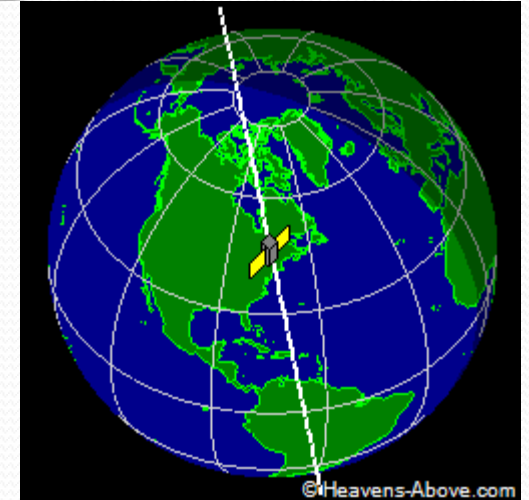
Fuente: ESTER user handbook

SAC-C (CONAE)

(lanzamiento 21/11/2000)

■ **Descripción de la órbita**

- ❑ Circular casi polar
- ❑ Altitud de 705 Km
- ❑ Pasaje descendente a 10:15 horas
- ❑ Ciclo de 9 días
- ❑ Faja hasta 360 km
- ❑ Barredor tipo Push-Broom
- ❑ Resolución espacial: 175 m
- ❑ Bandas cámara multiespectral (MMRS): B1 azul verdoso (0.48-0.50 μm) B2 V (0.54-0.56 μm) B3 R (0.63-0.69 μm) B4 IRC (0.795-0.835 μm) B5 IRM (1.55-1.70 μm)



Misión Terra-Modis (Aqua y Terra)

- Instrumento más importante a bordo de estos satélites
- Terra (descendente, 10:00 hs aprox.), Aqua (ascendente, 14:30 hs aprox.)
- Observación cada 1-2 días en 36 bandas
- Intervalo de medidas entre 0.4 – 14.4 μm
- Resolución espacial de 250 m, 500 m y 1 km
- Las 36 bandas otorgan a este sensor una excelente resolución espectral
- Usos: cobertura terrestre, SST* y LST*, nubes, W, estimación de precipitaciones, cobertura de nieve, etc.

* SST: temperatura superficial del mar, LST: temperatura superficial de la superficie



MODIS

- Bandas (250¹ – 500² m)*
 - Banda 1¹ - 0.620-0.670 μm (rojo)
 - Banda 2¹ – 0.841-0.876 μm (Irc)
 - Banda 3² – 0.459-0.479 μm (azul)
 - Banda 4² – 0.545-565 μm (verde)
 - Banda 5² – 1.230-1.250 μm (SWIR)
 - Banda 6² – 1.628-1.652 μm (SWIR)
 - Banda 7² – 2.105-2.155 μm (SWIR)

Bandas 8 a 36 tienen resolución de 1 km por 1 km.

*Se incluyen sólo las de resolución 250-500 m

Spatial Resolution		Primary Use	Band	Bandwidth (nm)
250 m	Land/Cloud/Aerosols Boundaries		1	620 - 670
			2	841 - 876
	Land/Cloud/Aerosols Properties		3	459 - 479
			4	545 - 565
			5	1230 - 1250
			6	1628 - 1652
			7	2105 - 2155
500 m	Ocean Color/ Phytoplankton/ Biogeochemistry		8	405 - 420
			9	438 - 448
			10	483 - 493
			11	526 - 536
			12	546 - 556
			13	662 - 672
			14	673 - 683
			15	743 - 753
			16	862 - 877
1000 m	Atmospheric Water Vapor		17	890 - 920
			18	931 - 941
			19	915 - 965

Spatial Resolution		Primary Use	Band	Bandwidth (μm)
250 m	Surface/Cloud Temperature		20	3.660 - 3.840
			21	3.929 - 3.989
			22	3.929 - 3.989
500 m	Atmospheric Temperature		23	4.020 - 4.080
			24	4.433 - 4.498
			25	4.482 - 4.549
1000 m	Cirrus Clouds Water Vapor		26	1.360 - 1.390
			27	6.535 - 6.895
			28	7.175 - 7.475
1000 m	Cloud Properties		29	8.400 - 8.700
			30	9.580 - 9.880
	Ozone		31	10.780 - 11.280
			32	11.770 - 12.270
	Surface/Cloud Temperature		33	13.185 - 13.485
			34	13.485 - 13.785
			35	13.785 - 14.085
			36	14.085 - 14.385

Ikonos

- Septiembre 1999-enero 2015
- Resolución espacial: 3.2 a 0.82m (muy bueno para mapeo urbano, de desastres naturales, forestal).
- Altitud: 681 km
- Swath: 11.3 km al nadir, 13.8 km a 26° del nadir
- Revisita: aproximadamente 3 días a 40° de latitud
- Resolución radiométrica: 11 bits

Bands

Panchromatic at 0.82 meter at Nadir

526 - 928 nm (Pan)

Multispectral at 3.28 meter at Nadir

Blue, Green, Red, and NIR.

445 - 516 nm (Blue)

506 - 595 nm (Green)

632 - 698 nm (Red)

757 - 853 nm (NIR)



QuickBird

- Operativo de 2001 a 2015
- Altitud: 450 km
- Swath: 16.8-18 km
- 11 bits
- Revisita: 1-3.5 días, dependiendo de la latitud (30° desde nadir)

Resolution

Pan: 65 cm (nadir) to 73 cm (20° off-nadir)

MS: 2.62 m (nadir) to 2.90 m (20° off-nadir)

Image Bands

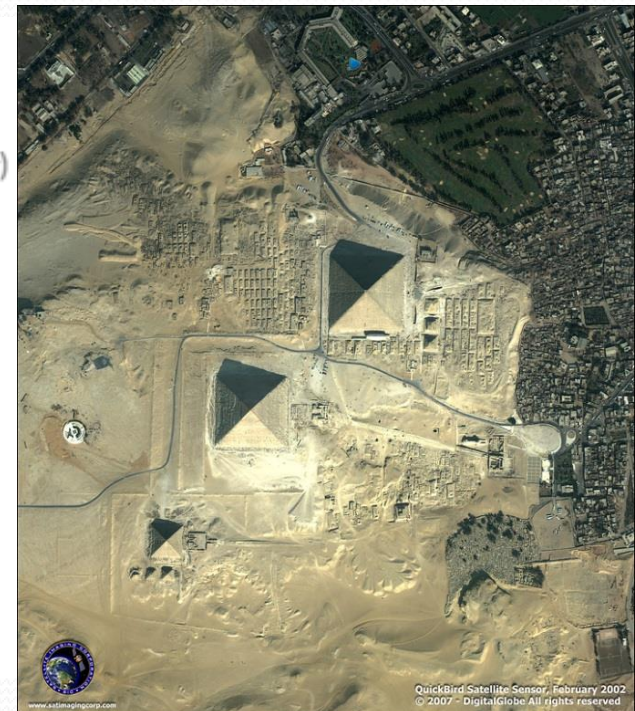
Pan: 450-900 nm

Blue: 450-520 nm

Green: 520-600 nm

Red: 630-690 nm

Near IR: 760-900 nm

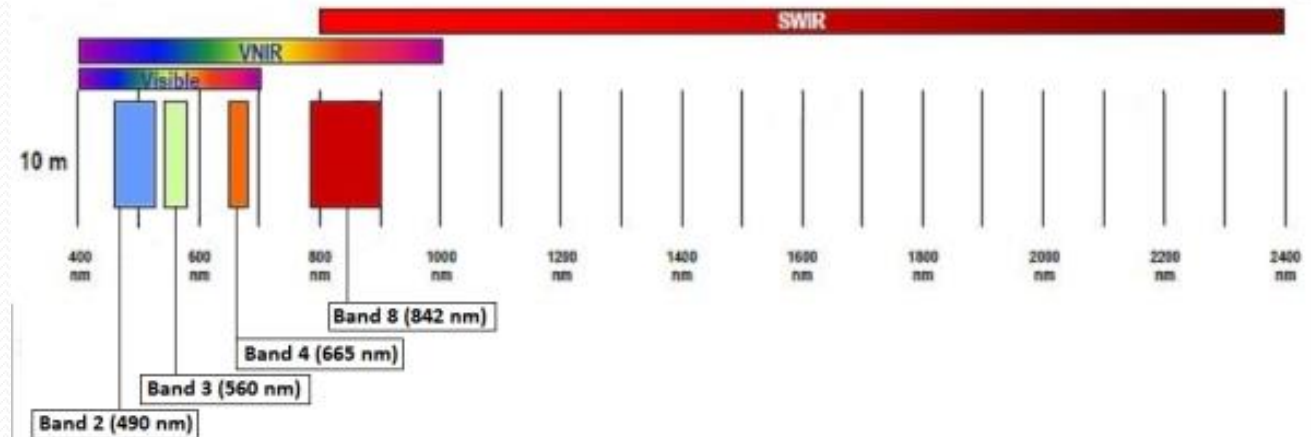


SENTINEL

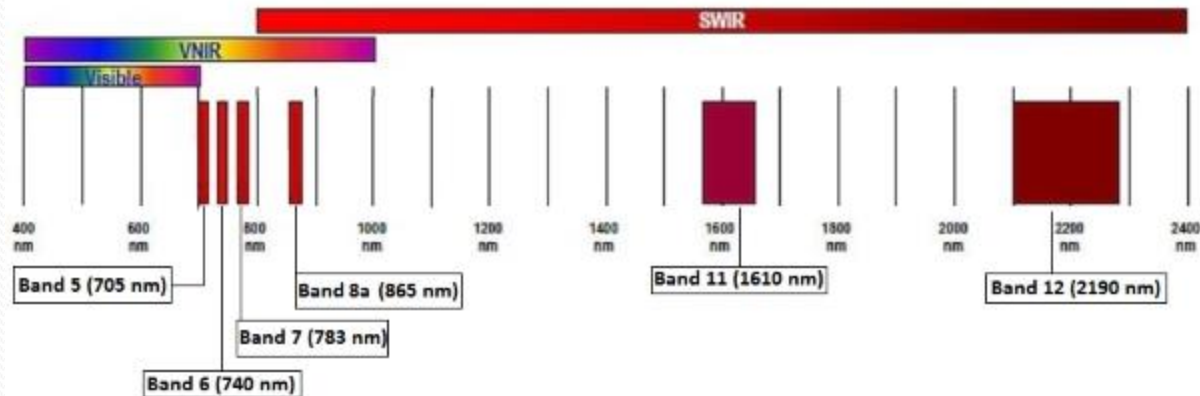
SENTINEL-1. Lanzado en abril 2014, órbita polar. Cuenta con un radar, resoluciones hasta 5 m.

SENTINEL-2. Lanzado en junio 2015 (2A) y marzo 2017 (2B). 2 satélites iguales en órbita polar. Revisita de 5 días en el Ecuador y 2-3 días en latitudes medias. Swath: 290 km. Cámara multispectral con 13 bandas. Resolución de 10, 20 y 60 m. 12 bits

Resolución de 10 m



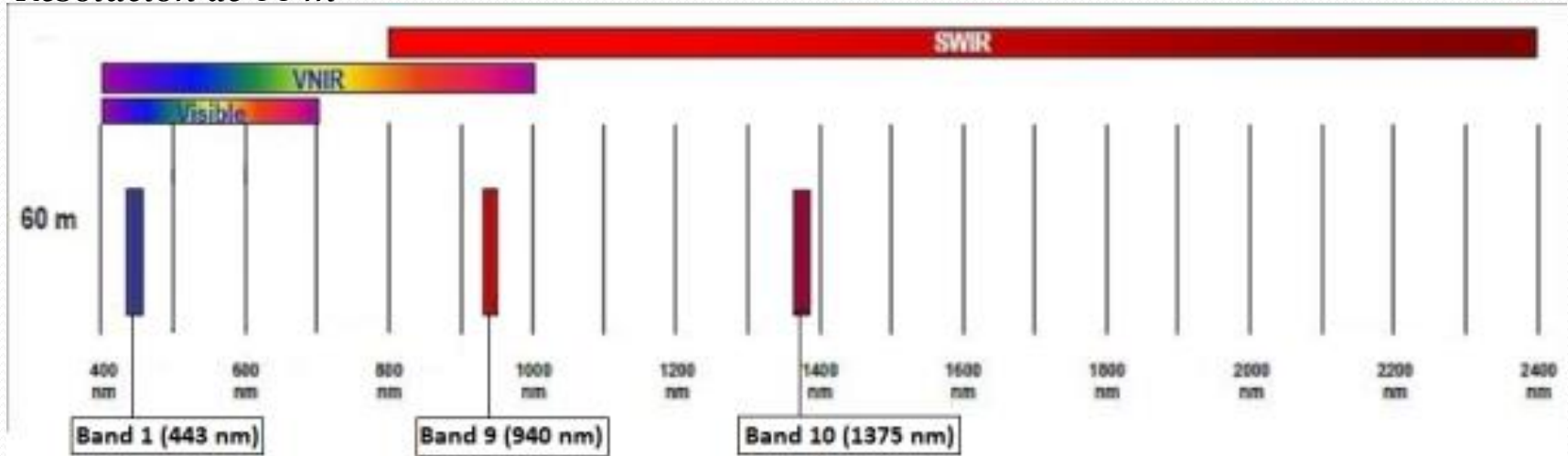
Resolución de 20 m



Más información: sentinel.esa.int/web/sentinel/missions y

www.inta.es/opencms/export/sites/default/INTA/es/blogs/copernicus/BlogEntry_1507278650016

Resolución de 60 m



SENTINEL-3. Principalmente una misión para estudio del océano. Aunque contiene los siguientes instrumentos:

-OLCI: instrumento para el color del océano y terrestre. 21 bandas [0.4-1.02 μm].

Resolución espacial: 300 m

-SLSTR: multiespectral y térmico. 9 bandas [0.55-12 μm]. 500 m – 1 km.

-Radar altimétrico

Sentinel-3A lanzado en febrero 2016; 3B lanzado 25 de abril de 2018.

SENTINEL-4. Monitoreo de la calidad del aire. Bandas en el UV.

SENTINEL-5. Monitoreo de la calidad del aire. Bandas en UV, VIS, NIR, SWIR

Otras misiones:

Gaofen-2: satélite óptico de alta resolución chino con la capacidad de tomar imágenes de 80 cm con un ancho de barrido de 48 kilómetros en modo pancromático y de 3,2 metros en modo multiespectral. Lanzado en agosto de 2014.

TripleSat: constelación británica lanzada en 2015 compuesta por tres satélites en la misma órbita distanciados por 33 minutos de diferencia. Es una constelación de satélites ópticos con capacidad de tomar imágenes de 80 centímetros en modo pancromático y 3,2 metros en multiespectral.

C-BERS: resolución de 5 a 64 m, revisita hasta 3 días

http://www.cbbers.inpe.br/ingles/satellites/cameras_cbbers3_4.php

ResourSat

Pleiades

Próximas-recientes misiones de CONAE

- **Misión SAOCOM**

- Medición de la humedad del suelo y aplicaciones en emergencias (detección de derrames de hidrocarburos en el mar y seguimiento de la cobertura de agua durante inundaciones)

- Microondas activo

- Resolución espacial: 10 a 100 m

- Revisita: 8 días para la constelación de 2 satélites

- Lanzamiento en 2018

- **SABIA-Mar**

- Prioridad: estudio del mar y las costas

- Dos cámaras multiespectrales en el visible, infrarrojo e IRt

- VIS-NIR: 11 bandas, 0.412-0.865 μm . Resolución espacial: 200-800 m.

- NIR-SWIR: cámara de 6 bandas, 0.75-1.6 μm

- TIR: 2 bandas, 11-12 μm . Resolución espacial: 400 m.

- MAC=cámara espectral de 5 bandas, toma multiángulo y banda pancromática

- DCS: recolección de datos

- Lanzamiento previsto para 2020

- Revisita: 2 días. Cuando esté completa la constelación de los 2 satélites: 1 día.