



Universidad de Los Andes
Facultad de Ingeniería
Instituto de Fotogrametría



Diplomado en Ingeniería Geomática

Módulo: Teledetección
Facilitador: Prof. Luis Jauregui
(iluis@ula.ve)

Programa:

Tema 1. Introducción.

Tema 2. Bases Físicas.

Tema 3. Orbitografía.

Tema 4. La Imagen Satelital.

Tema 5. Satélites y Sensores.

Tema 6. Operaciones Básicas.

Tema 7. Correcciones.

Tema 8. Clasificación.



Evaluación:

Examen de Teoría, Temas 1 al 5.

Examen Teórico-Práctico, Temas 6 al 8.

Trabajo.

Los exámenes se realizarán los sábados y cubrirán la materia dada hasta el viernes anterior.

El trabajo se entregará el Jueves 10-06.



Tema 1: Introducción

- ▶ 1.1 Definición.
- ▶ 1.2 Orígenes de la teledetección.
- ▶ 1.3 Importancia de la Teledetección.
- ▶ 1.4 campos de aplicación de la Teledetección.
- ▶ 1.5 Desarrollo actual y tendencias de la teledetección.



1.1 Definición.

Teledetección es el arte y la ciencia de obtener información sobre un objeto, área o fenómeno, mediante el análisis de los datos adquiridos por un dispositivo que no está en contacto con el objeto, área o fenómeno en estudio.

Lillesand, T. Ralph Kiefer, R. Chipman, J. 2004. Remote Sensing and Image interpretation. John Wiley & Sons, New York.



Teledetección {
Observación
Detección
Identificación
Análisis
Interpretación

De:

Cambios → en el tiempo
en el espacio
de firmas espectrales

Observación de elementos y
características de:

↓
Superficie terrestre
Atmósfera
Océanos
Eventos
Objetos

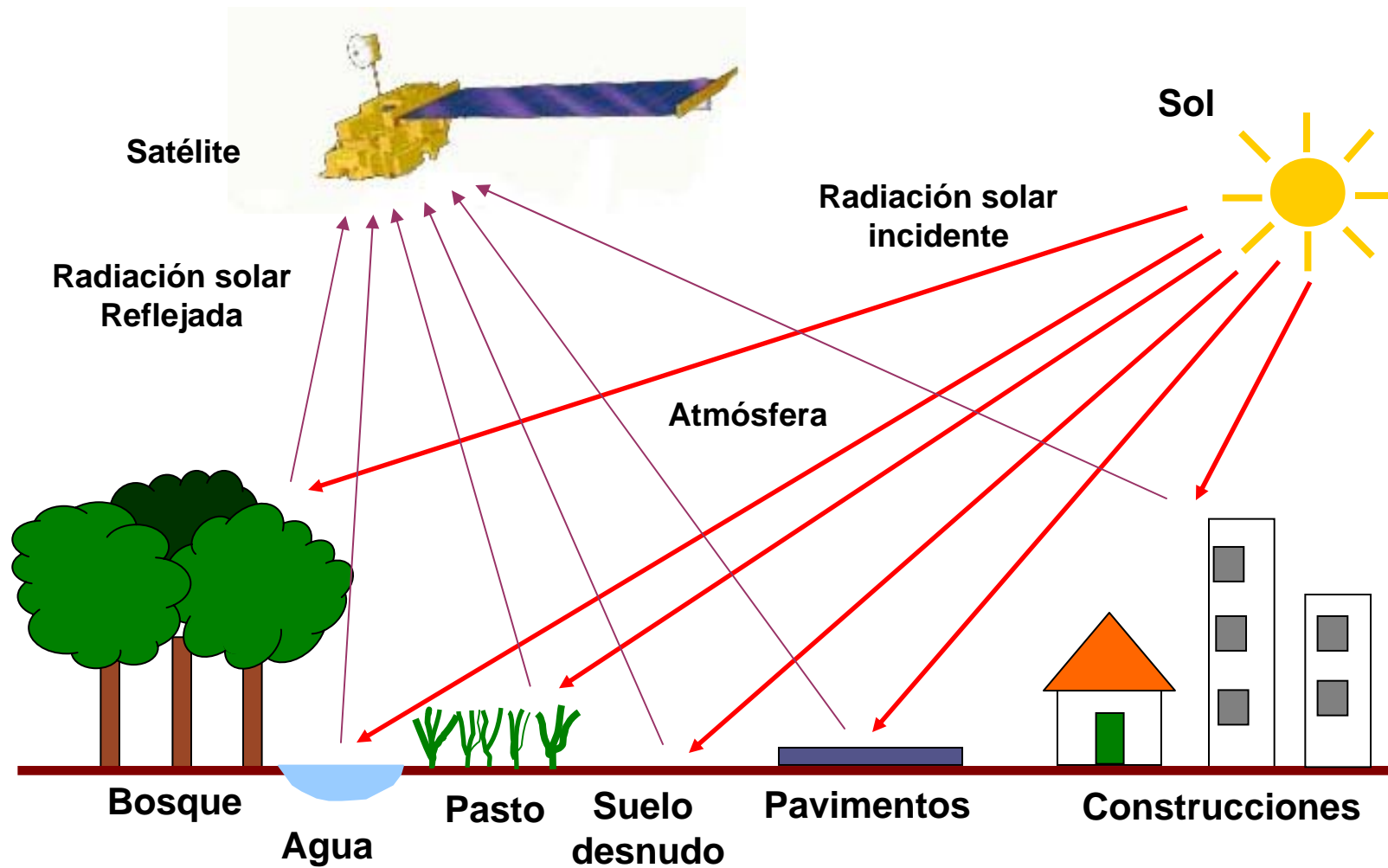


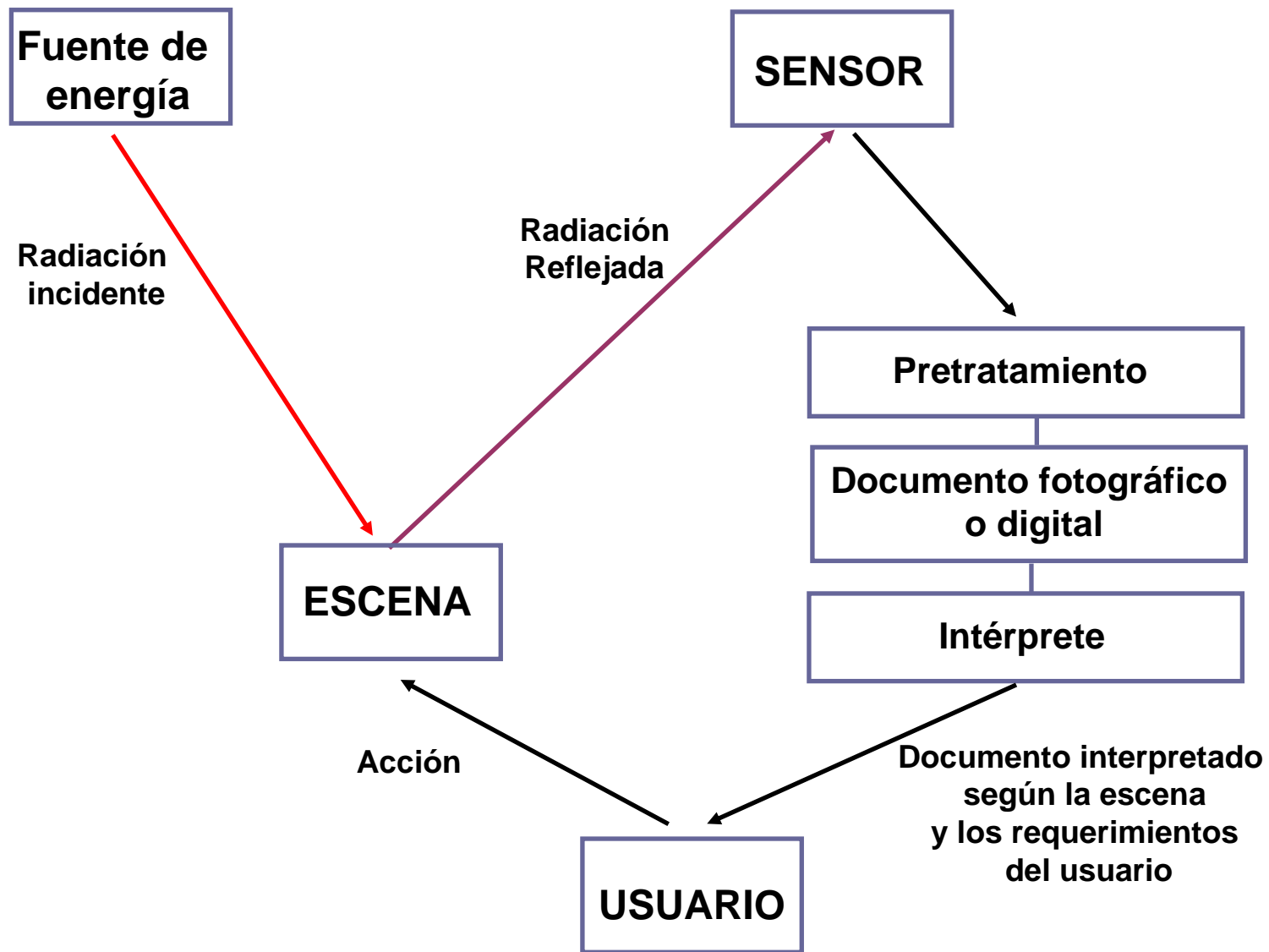
1.1 Definición.

La transmisión de información entre la superficie y el sensor solamente es posible mediante un intermediario, que en este caso es la energía electromagnética.

Esta energía es captada y registrada por los diversos sensores presentes en satélites, convirtiéndose de esta manera en datos que serán enviados en forma de imágenes a las estaciones receptoras presentes en la Tierra







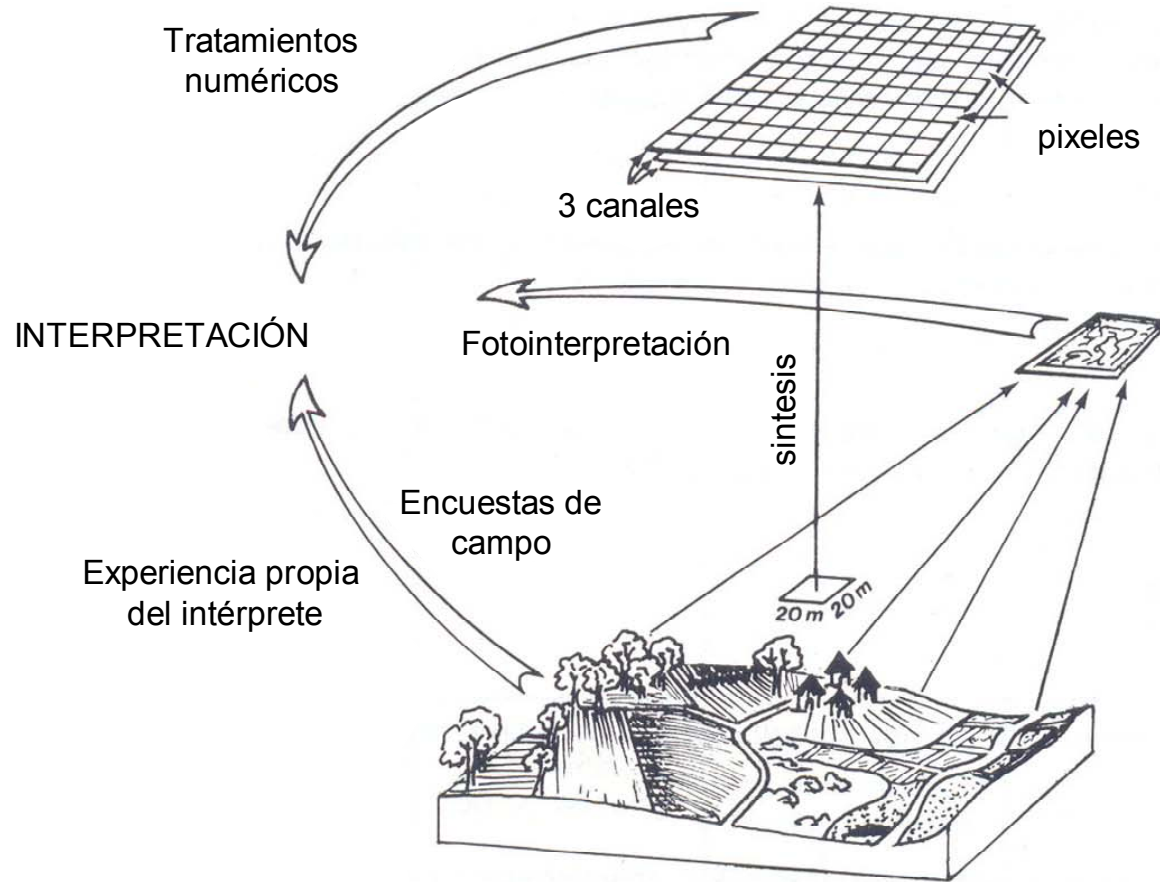


IMAGEN SATELITAL: objetos no identificables directamente, buena visión espacial

FOTOGRAFÍA AÉREA: objetos relativamente identificables, buena visión de su repartición.

ENCUESTA DE CAMPO: objetos perfectamente identificados, pero cuantificados con dificultad.

Adaptado de Dizier J.L. y LÉo, Olivier. Télédetection.



Sistema de tratamiento digital de imágenes



(Tomado de Gao, J.)



Sistema de tratamiento digital de imágenes

Software comercial:

Programa	Pre-procesamiento	Despliegue y realce	Extracción de información	Cartografía	SIG
eCognition	SI	SI	SI	NO	NO
ENVI	SI	SI	SI	SI	Moderado
ERDAS	SI	SI	SI	SI	SI
ER-Mapper	SI	SI	SI	SI	SI
GRASS	SI	SI	SI	SI	SI
PCI	SI	SI	SI	SI	SI
TNT mips	SI	SI	SI	SI	SI



1.1 Definición.

La teledetección reúne entonces cinco importantes factores:

- Una fuente de energía.
- Una escena.
- Un sensor.
- Un sistema de tratamiento digital de imagen.
- Un utilizador.

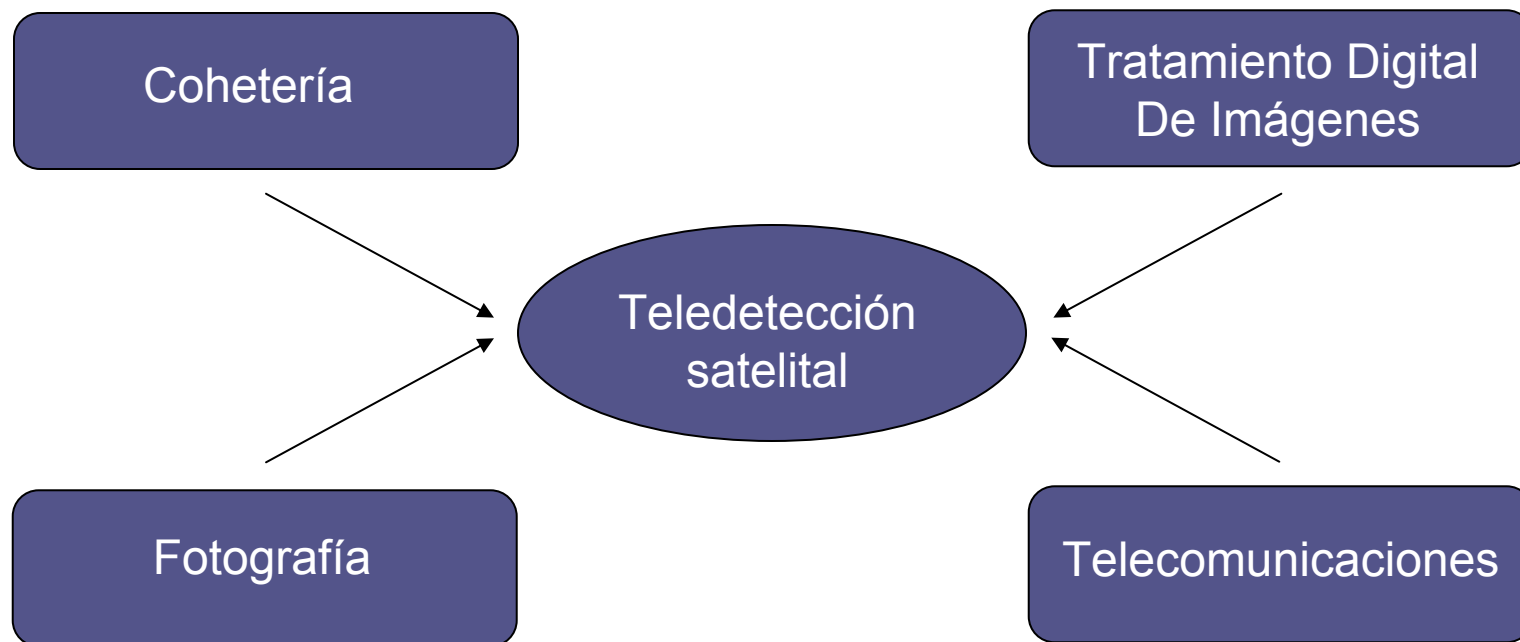




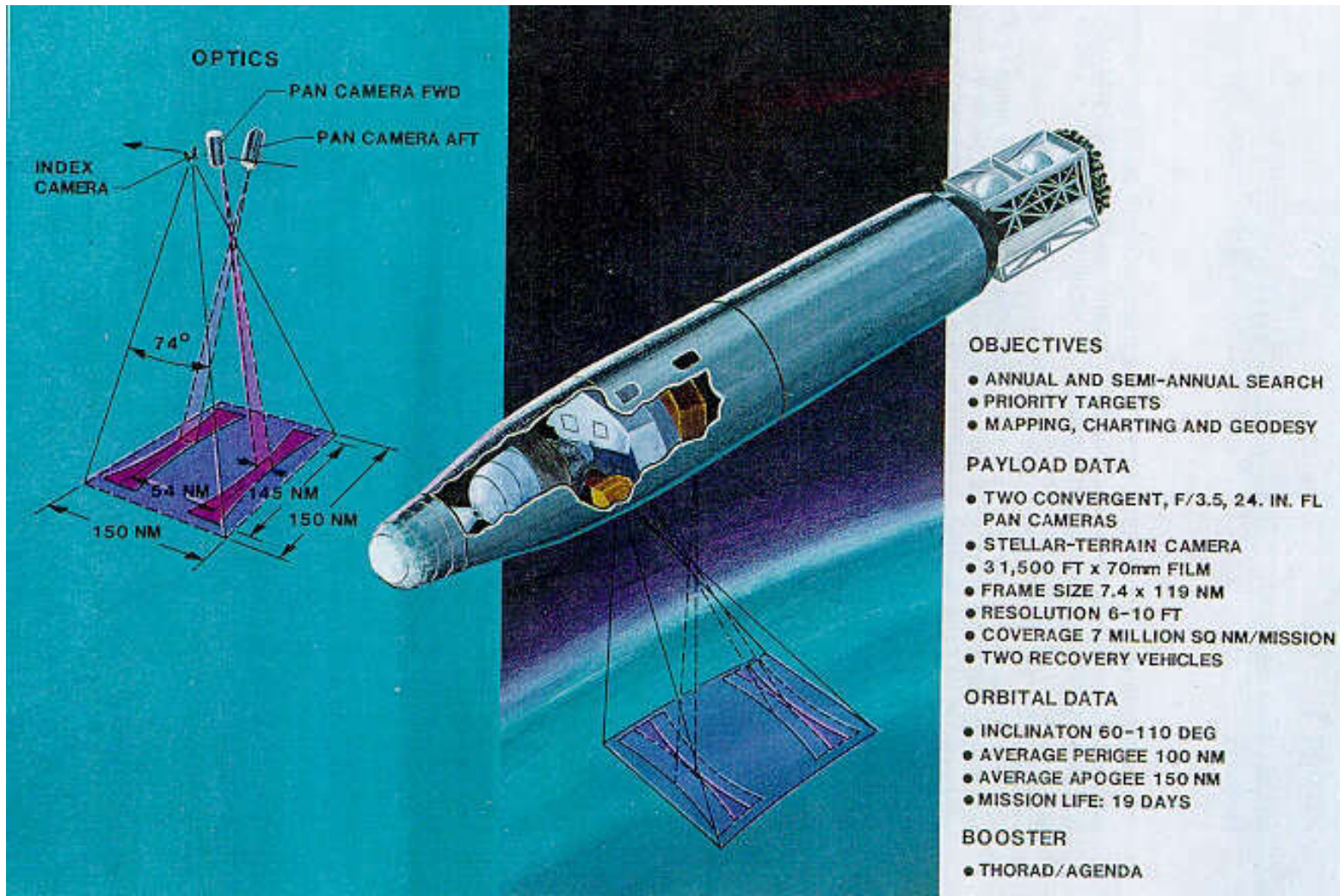
Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



1.2 Orígenes de la teledetección.



1.2 Orígenes de la teledetección. Satélites Corona.

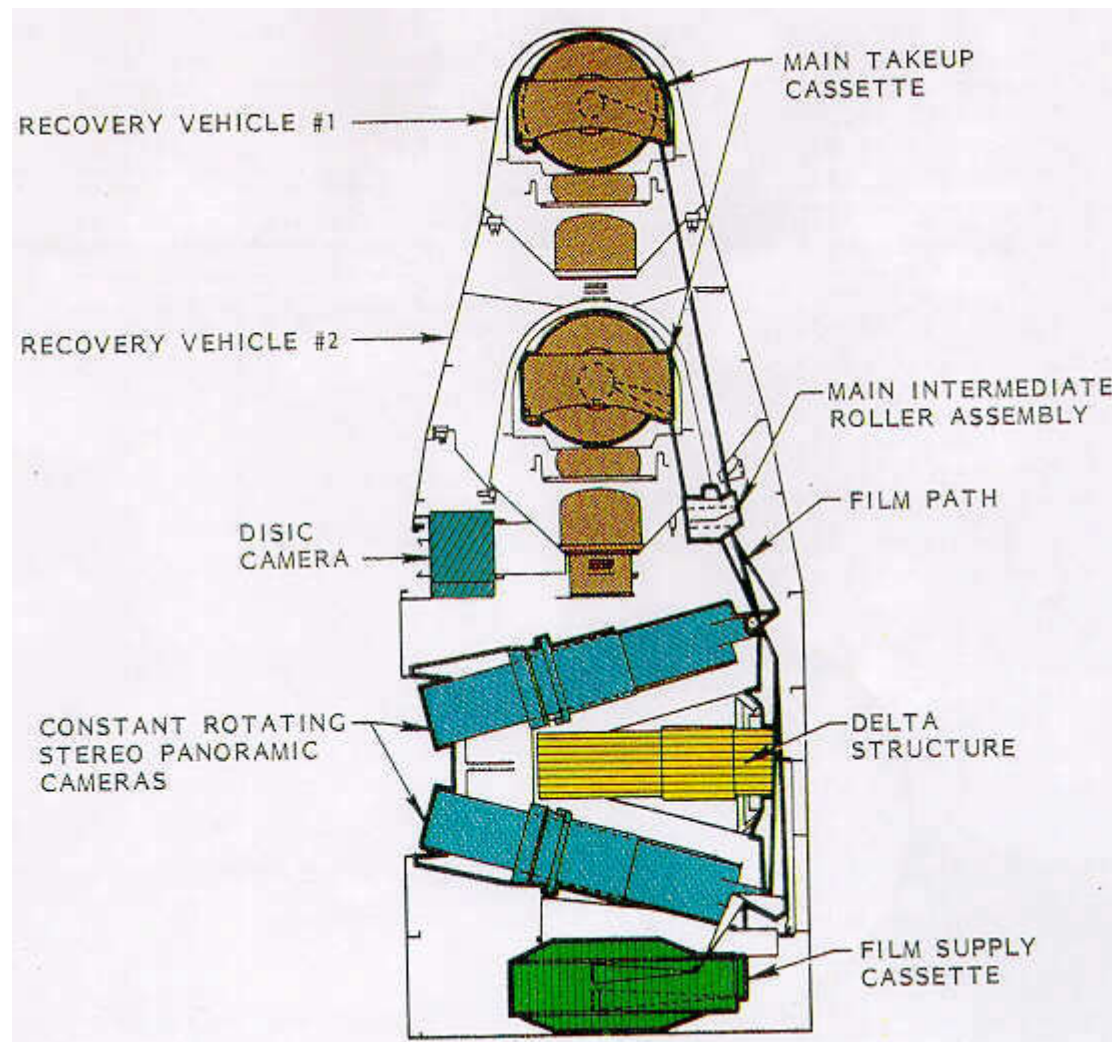


Fuente: Wikipedia.

Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



1.2 Orígenes de la teledetección. Satélites Corona.



Fuente: Wikipedia.

Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



1.2 Orígenes de la teledetección. Satélites Corona.

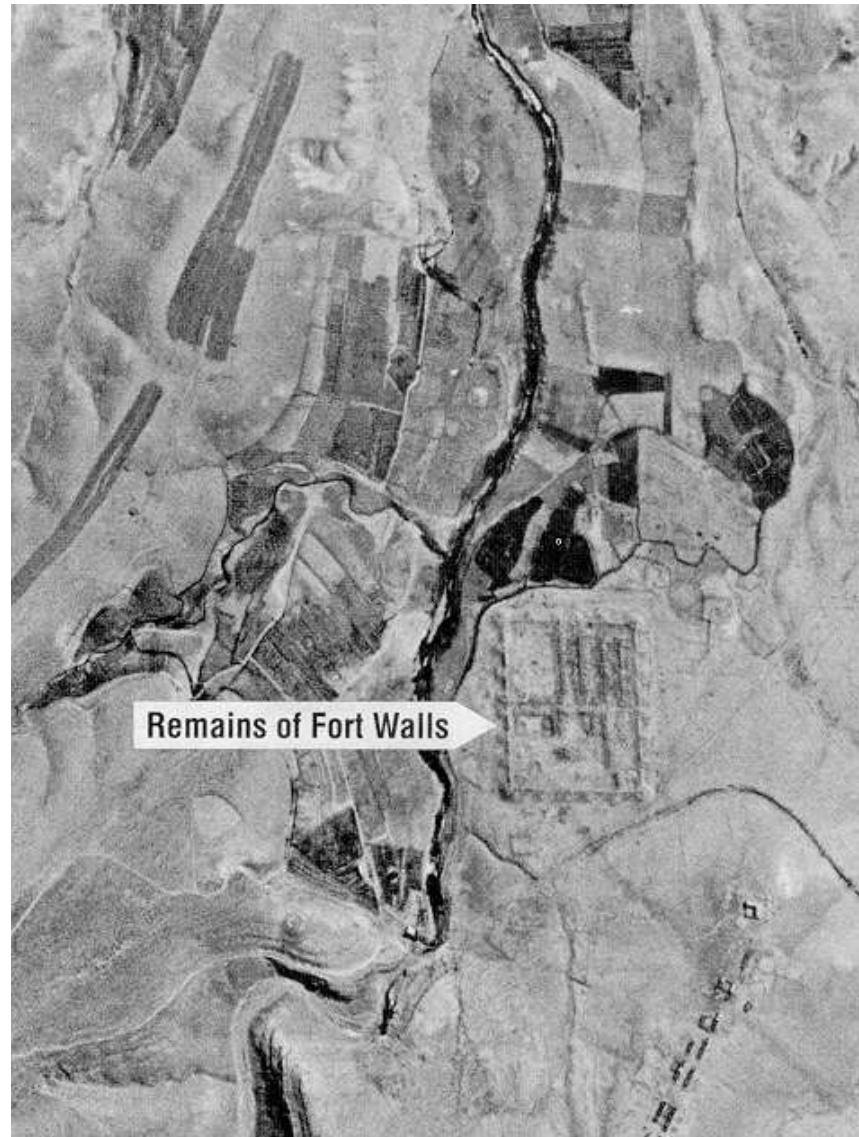


Fuente: Wikipedia.

Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



1.2 Orígenes de la teledetección. Satélites Corona.



Fuente:

<http://www.nro.gov>.

Ruinas romanas en
Jordania.

1.2 Orígenes de la teledetección. Satélites Corona.



Paris, 1960

Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



1.2 Orígenes de la teledetección. Satélites Corona.

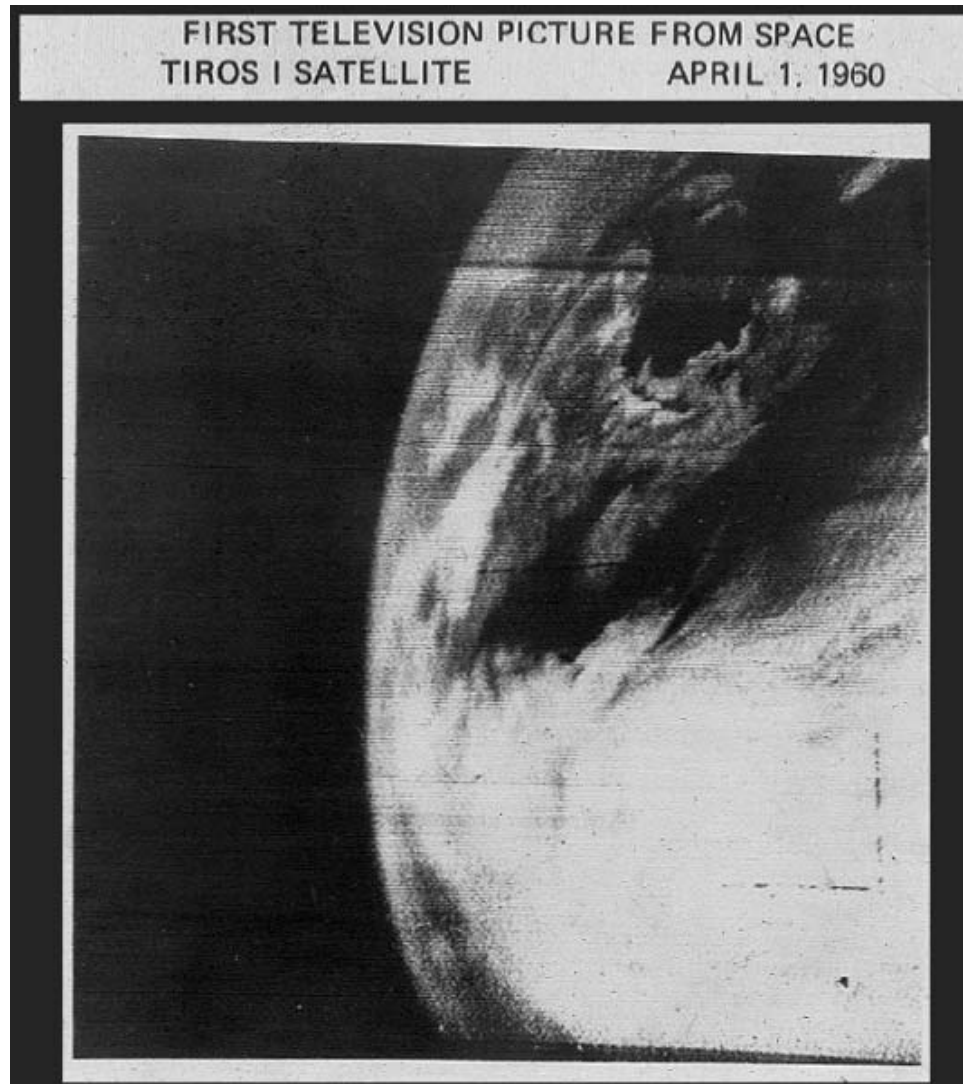


Fuente: Wikipedia.

Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



1.2 Orígenes de la teledetección. Satélites Tiros I.



Fuente:
Wikipedia.

Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



1.3 Importancia de la Teledetección.

Las imágenes satelitales se han convertido en una poderosa herramienta en muchas disciplinas, debido a que aportan dos características únicas en su campo:

- Ampliación del campo de observación
- Carácter numérico de la imagen, lo cual permite su procesamiento digital mediante programas de computación adaptados a los fines y usos de la teledetección.



1.3 Importancia de la Teledetección.

Las anteriores características dan a la teledetección las siguientes ventajas:

- ▶ Visión global.
- ▶ Observación a distintas escalas.
- ▶ Cobertura frecuente.
- ▶ Homogeneidad en la adquisición.
- ▶ Regiones no visibles del espectro.
- ▶ Formato digital.

Sin embargo, la teledetección sigue teniendo la misma limitación que las fotografías aéreas en lo referente a que necesita la menor cobertura nubosa, y presenta la desventaja de no tener buena disponibilidad para obtener imágenes estereoscópicas.



1.4 Campos de aplicación de la Teledetección.

Agricultura.

Cartografía.

Detección de Cambio.

Oceanografía.

Riesgos Naturales.

Telecomunicaciones.

Representación de escenarios virtuales.

Arqueología.

Catastro Rural.

Geología.

Silvicultura.

Urbanismo.

Uso de la Tierra.



1.4 Campos de aplicación de la Teledetección.

Imagen tomada por el sensor MODIS, del satélite TERRA, 29 04 2010



Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



1.4 Campos de aplicación de la Teledetección.

Agricultura.

El análisis regular realizado por satélite permite determinar la época mas adecuada para sembrar, mediante la comprobación de las condiciones y contenido de humedad del suelo, y el momento cosechar con el máximo de rendimiento, así como para mantener un inventario de los cultivos, desde su siembra hasta su recolección.



1.4 Campos de aplicación de la Teledetección.

Cartografía.

Una de las primeras aplicaciones de los satélites de observación de la Tierra fue la elaboración de mapas.

La capacidad de observar una gran extensión de terreno en cada imagen ha sido un factor fundamental en la proliferación de mapas a escalas pequeñas, realizadas a partir de imágenes satelitales.



1.4 Campos de aplicación de la Teledetección.

Geología.

El espacio puede utilizarse para explorar los suelos y plataformas continentales en usca de petróleo, minerales y gas natural. Los geólogos examinan los rasgos del relieve en conjunto, entre ellos grandes pliegues y fallas que constituyen indicios de depósitos de minerales.

Una ventaja de la extensión cubierta por la imagen satelital es la de tener una visión global de grandes formaciones estructurales, que no tienen relación con la geología de la superficie, y que incluso no son detectadas en el proceso de la fotointerpretación.



1.4 Campos de aplicación de la Teledetección.

Oceanografía.

En esta disciplina destacan aquellos satélites diseñados específicamente para el estudio de los océanos, tales como el Seasat, los cuales pueden captar temperatura de la superficie del mar, dirección y velocidad del viento y cantidad de vapor de agua sobre la superficie del agua.



1.4 Campos de aplicación de la Teledetección.

Silvicultura.

Los datos de satélite se han revelado de gran utilidad para calcular el volumen de madera en los bosques de diversos países. Cuando se talan los bosques, es posible controlar la tarea y en caso necesario, hacer modificaciones en el sistema empleado, en interés de la conservación de la naturaleza.

También es posible realizar valoraciones rápidas de lugares donde tienen lugar incendios forestales.



1.4 Campos de aplicación de la Teledetección.

Urbanismo.

La capacidad de repetitividad de los satélites permite que éstos sean especialmente aptos para el estudio de la evolución en superficie de las grandes ciudades, y las tendencias de esta expansión.

De esta forma, se pueden conocer con anticipación las necesidades de grandes ciudades en cuanto a vialidad, suministro de agua potable, etc.



1.4 Desarrollo actual y tendencias de la teledetección.

Se tiene un buen nivel de utilización, tanto en sensores como en programas de tratamiento digital de imágenes de satélite, que cubren todos los campos de aplicación, con una gran variedad de resoluciones, tanto espaciales como espectrales principalmente.



1.4 Desarrollo actual y tendencias de la teledetección.

Actualmente están surgiendo mejoras significativas en la precisión de la cartografía de base, mediante la puesta en órbita de satélites que hacen uso del LIDAR (LIST, Lidar Surface Topography).

Otra tendencia muy importante para el desarrollo de la teledetección radica en el abaratamiento de las imágenes satelitales (pudiendo llegar hasta la gratuidad), su distribución en tiempo real, y el surgimiento del software libre.



Bibliografía:

Chuvieco, E. 1990. Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones RIALP, S.A. Madrid.

Gao, J. 2009. Digital Analysis of Remotely Sensed Imaginery. Mc Graw-Hill Professional.

Guyot, G. 1989. Signatures Spectrales et Surfaces Naturelles. Paradigme, Caen.

Jensen, J. R. 2005. Introductory Digital Image Processing. Pearson Prentice Hall, NJ.

Lillesand, T. Kiefer, R. Chipman, J. 2004. Remote Sensing and Image interpretation. John Wiley & Sons, New York.

Richards, J. Jia, X. 1986. Remote Sensing Digital Image Analysis: an Introduction. Springer Verlag, Berlin.



Algunas direcciones URL

[http:// www.isprs.org](http://www.isprs.org)

[http:// www.satimagingcorp.com/satellite-sensors](http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors)

<http://ceos.cnes.fr>

<http://eol.jsc.nasa.gov>

<http://landsat.org>

<http://spot5.cnes.fr>



Tema 2: Bases Físicas

- ▶ 2.1 La onda Electromagnética
- ▶ 2.2 El Espectro Electromagnético.
- ▶ 2.3 Radiación Electromagnética y Energía.
- ▶ 2.4 Radiación Electromagnética y Materia.
- ▶ 2.5 Radiación Electromagnética y Atmósfera.
- ▶ 2.6 El Color



2.1 La Onda Electromagnética.

Una onda electromagnética tiene su origen en las excitaciones electrónicas que ocurren en el interior del átomo, y resulta de la propagación simultánea en el espacio de un campo eléctrico E y de un campo magnético B variables; estos campos son perpendiculares entre sí, y son también perpendiculares a la dirección de propagación de la onda.

La propagación de las ondas electromagnéticas en un medio dado depende del comportamiento de éste con respecto al campo E y al campo B , y se efectúa a una velocidad específica del medio en cuestión. Esta velocidad vale 299.792.458 m/s en el vacío. La propagación de las ondas electromagnéticas recibe el nombre de *radiación electromagnética*.



2.1 La Onda Electromagnética.

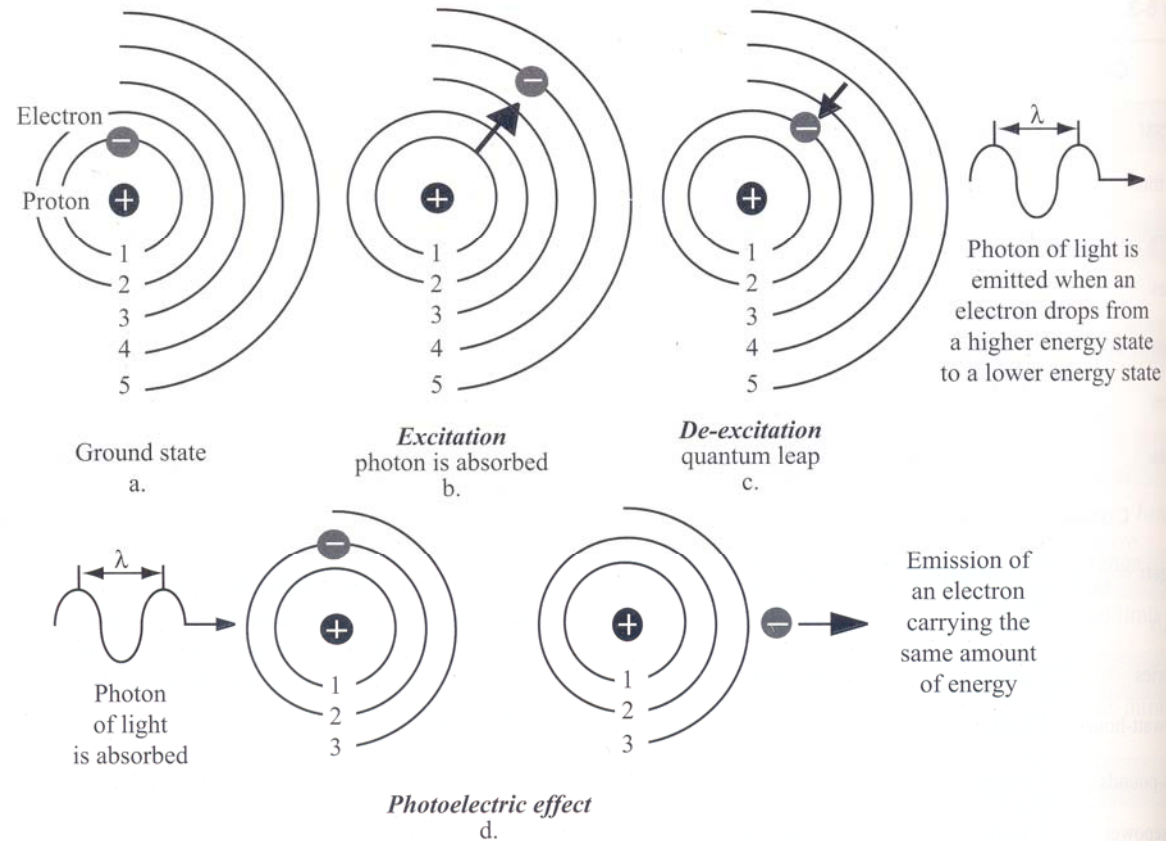
A diferencia de las ondas mecánicas, las ondas electromagnéticas no necesitan de un medio material para propagarse; es decir, pueden desplazarse por el vacío. En el siglo XIX se pensaba que existía una sustancia indetectable, llamada éter, que ocupaba el vacío y servía de medio de propagación de las ondas electromagnéticas.

Las ondas luminosas son ondas electromagnéticas cuya frecuencia está dentro del rango de la luz visible.

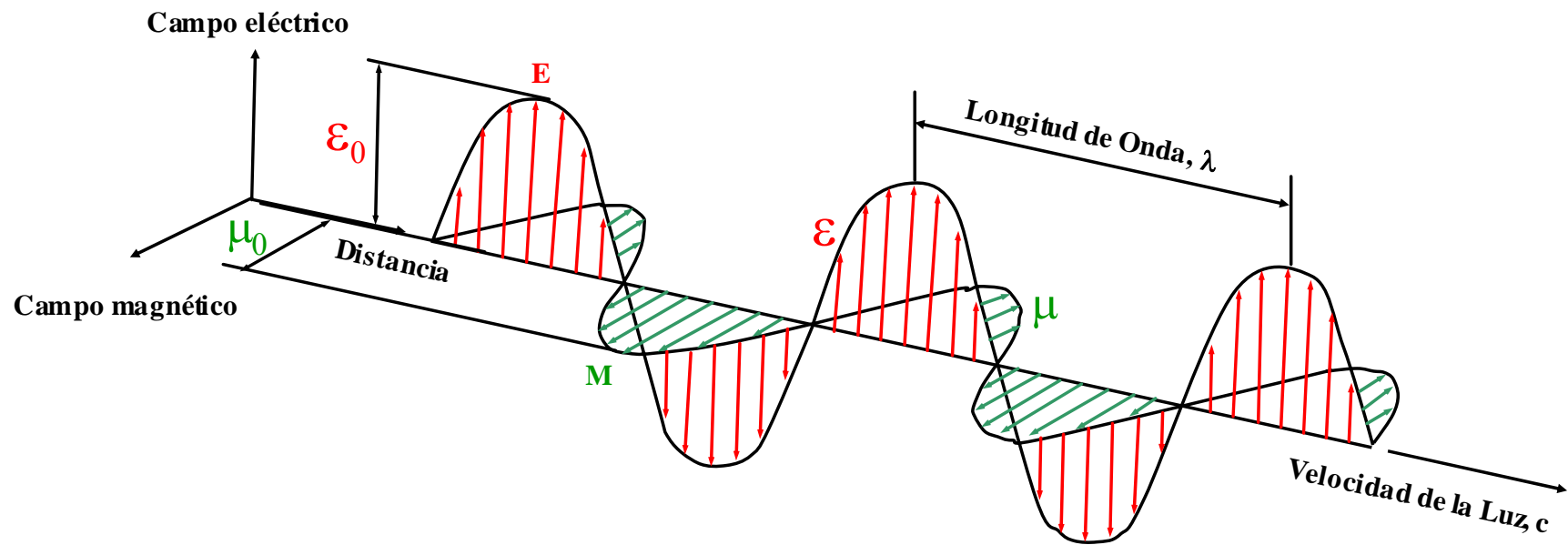
Fuente:Wikipedia.



Creación de luz a partir de partículas atómicas y del efecto fotoeléctrico



2.1 La Onda Electromagnética.



2.1 La Onda Electromagnética.

La frecuencia f , inversa del período T , caracteriza la repetición del fenómeno un cierto número de veces por unidad de tiempo, y se expresa en seg^{-1} o en hertz (Hz).

- ▶ Estas magnitudes físicas están relacionadas por la expresión:
- ▶ $\lambda = c.T = c/f$ ($c =$ velocidad en m/s, $c = 299.792.458$ m/seg)

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

Donde $\epsilon = (1/36\pi) \times 10^{-9}$ (permitividad eléctrica)

$\mu = 4\pi \times 10^{-7}$ (permeabilidad magnética)



2.2 El Espectro Electromagnético.

Se denomina espectro electromagnético a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas.

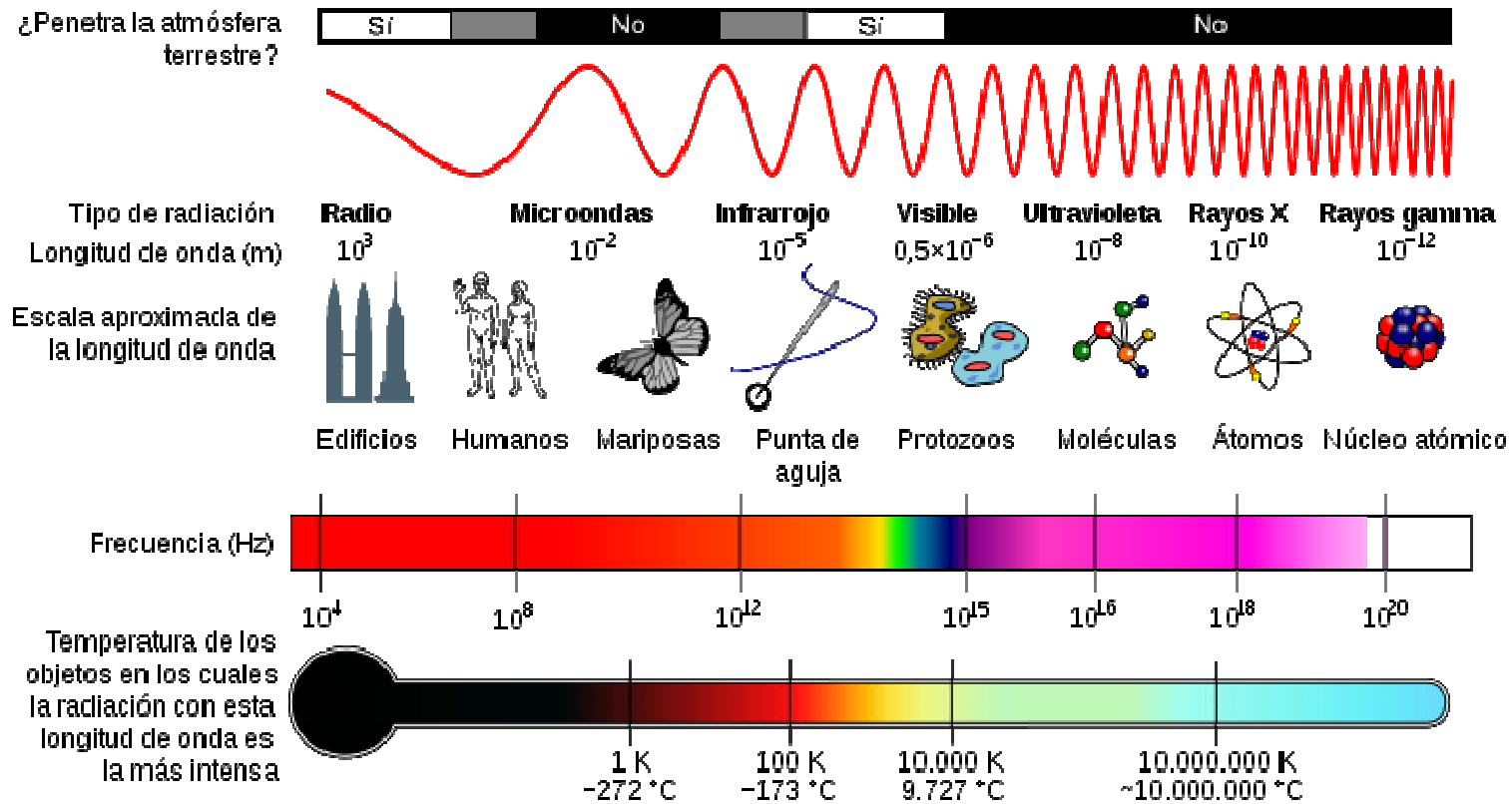
En función de su frecuencia o de su longitud de onda en el vacío, se puede clasificar a las ondas electromagnéticas por rangos de utilización. En este espectro, la radiación visible sólo ocupa una pequeña banda.

Tomado de Wikipedia

Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



2.2 El Espectro Electromagnético.

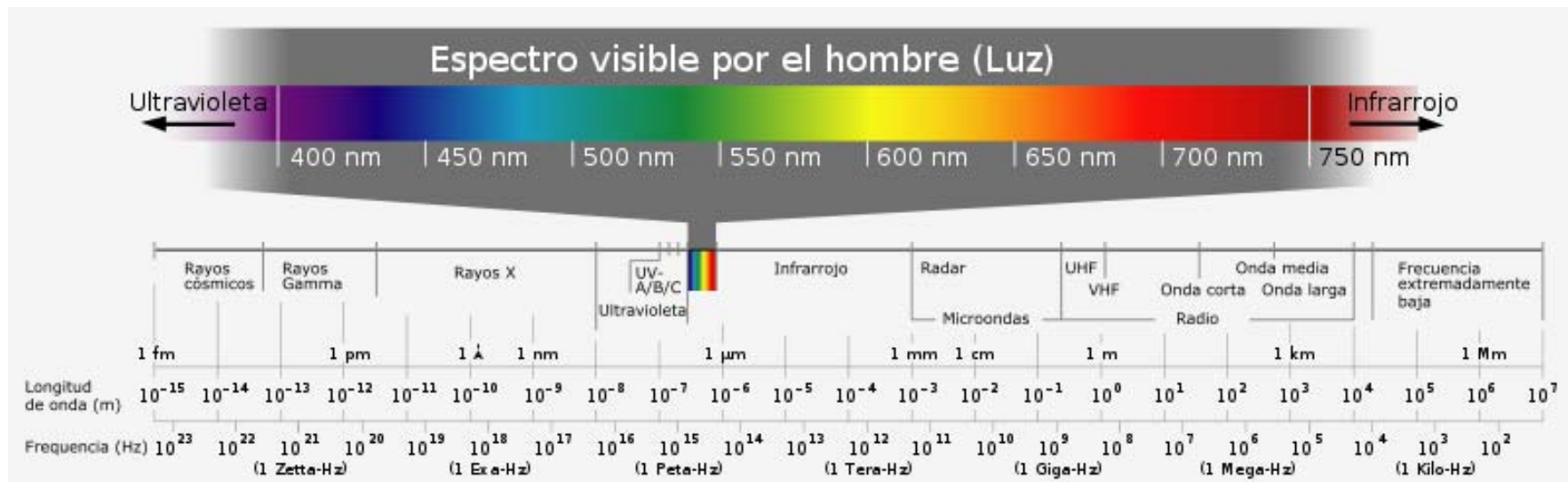


Tomado de Wikipedia

Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



2.2 El Espectro Electromagnético.



Tomado de Wikipedia

Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



2.3 Radiación Electromagnética y Energía.

Toda onda electromagnética transporta energía. Este transporte de energía se efectúa en el vacío a la velocidad de 299.792.458 m/seg. La energía solar recibida por la tierra ilustra perfectamente este fenómeno. Los intercambios de energía que se efectúan entre la radiación electromagnética y la materia no se realizan en forma continua, sino por entidades elementales de energía, los fotones. La teoría de los quanta desarrolla este aspecto. A toda radiación de frecuencia f , se le puede asociar un quantum de energía, $Q = hf$, donde h es la constante de Planck (Q en joules, f en hertz, $h = 6.62 \times 10^{-34}$ j.s.). Por Ejemplo, una mirada al espectro electromagnético muestra que un fotón ultravioleta tiene mucha más energía que un fotón infrarrojo.



Los detectores usuales en sensores remotos son sensibles a la energía vehiculada por la radiación que los alcanza. Múltiples parámetros intervienen y es conveniente nombrar las magnitudes radiométricas que intervienen así como su significado. De esta manera, un elemento de la superficie terrestre sujeto al flujo solar, recibiendo una iluminación E_i , devuelve hacia el radiómetro embarcado a bordo del satélite un flujo emitido según la dirección Tierra-sensor. Este último mide entonces la luminancia, que de hecho es la suma de todas las luminancias monocromáticas en la banda espectral a la cual el detector es sensible.



2.3.1 Medición de la luz

La radiometría y la fotometría son las disciplinas que miden la luz desde el punto de vista de la energía y su transmisión. La diferencia entre estas disciplinas radica en que la radiometría estudia las radiaciones de carácter óptico, visibles o no, cuyo rango de frecuencias varía desde los 3×10^{11} hasta los 3×10^{16} Hz, rango correspondiente a longitudes de onda entre los 0,01 hasta los 1000 μm , que engloba las regiones del ultravioleta, el visible y el infrarrojo, mientras que la fotometría estudia únicamente las radiaciones de la luz visible (0,360 a 0,830 μm).

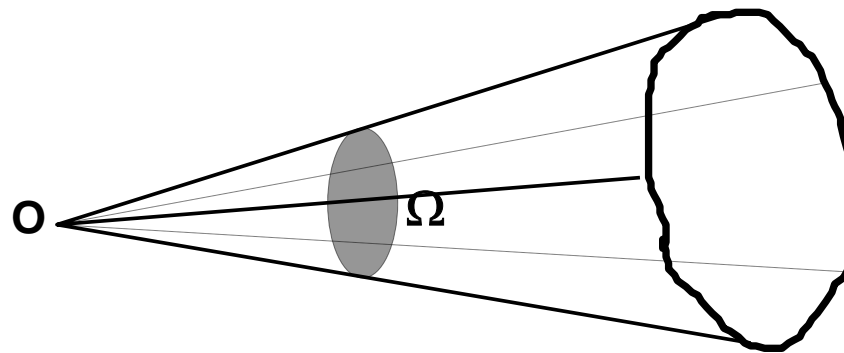
Por ello, las unidades difieren en ambas disciplinas, a pesar de que ambas estudian en forma similar las fuentes, los receptores y la transmisión de la radiación.



2.3.1.1 Magnitudes Físicas de Base

Angulo Sólido

Un ángulo sólido se define como el volumen generado por una Recta que se mueve en el espacio, apoyándose continuamente en un contorno cerrado cualquiera, fijo en el espacio, y en un punto igualmente fijo, pero no situado en el mismo plano.



Sin embargo, un ángulo sólido cualquiera, que se apoye en una superficie irregular, no puede ser determinado matemáticamente con facilidad; es por esta razón que se hace una analogía de la superficie irregular a una superficie esférica de radio r , con lo que puede definirse ahora al ángulo sólido como la relación que Existe entre el área de la esfera intersectada por una superficie cónica, cuya cumbre está ubicada en el centro de la esfera y el cuadrado del radio de la esfera. El ángulo sólido se denota con el símbolo ω y la unidad del mismo es el estereorradián (sr).



Magnitudes energéticas de Base

Energía

Es la energía transportada por la radiación electromagnética y se mide por la capacidad que tiene de efectuar un trabajo físico desplazando un objeto o calentándolo o provocando un cambio en el estado de la materia. Su unidad es el joule y está simbolizada por Q.

Flujo

Es la potencia emitida por unidad de tiempo, desde una fuente en todo el espacio que esta pueda irradiar. Su unidad es el watt y se simboliza por Φ .

$$\Phi = \frac{dQ}{dt}$$



Intensidad

Es el flujo energético emitido por una fuente puntual por unidad de ángulo sólido y por unidad de superficie aparente en la dirección dada. Su unidad es el watt/estereoradián y se simboliza por I.

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} (\text{Wsr}^{-1})$$

$$I = \frac{\Phi}{4\pi} (\text{Wsr}^{-1})$$



Radiancia

Se define como el flujo de radiación por unidad de ángulo sólido que proyecta la fuente en una dirección dada y por unidad de superficie aparente de la fuente en esa dirección. Su unidad es el Watt / m² estereorradián y se simboliza por L.

$$L = \frac{d\Phi}{d\Omega} \times \frac{1}{dS \cos\theta} (\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1})$$

También se puede expresar de la forma:

$$L = \frac{I}{dS \cos\theta} (\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1})$$



Exitancia

Es la potencia radiada por una fuente extensa, por unidad de superficie y en un hemisferio. En un punto, ella es igual al cociente del flujo emitido por un elemento infinitamente pequeño de la superficie que rodea el punto en el área de esta superficie.

$$M = \frac{d\Phi}{dS}$$

Irradiancia

Es la potencia recibida por unidad de superficie de un receptor. En un punto de la superficie la iluminación es la relación del flujo de radiación recibido por la superficie ds de un elemento infinitesimal centrado sobre un punto.

$$E = \frac{d\Phi_r}{dS}$$



Magnitud Radiométrica	Definición	Unidad
ENERGIA	Energía irradiada por una fuente en todo el espacio circundante (Q)	joule (J) ergio (erg)
FLUJO	Energía irradiada por unidad de tiempo $\phi = \frac{dQ}{dt}$	joule/seg. = watt (W) erg/seg.
INTENSIDAD RADIANTE	Flujo emitido en un ángulo sólido, según una dirección dada $I = \frac{d\phi}{d\Omega}$	W.sr ⁻¹ watt/estereorradián
RADIANCIA	Intensidad energética que es emitida por un elemento de superficie dS cuya normal está inclinada un ángulo con respecto a la dirección Ox $L = \frac{dI}{dS \cos \theta}$	W.m ⁻² .sr ⁻¹
IRRADIANCIA	Flujo recibido por unidad de superficie $E = \frac{d\Phi_r}{dS}$	W.m ⁻²
EMITANCIA	Potencia emitida por unidad de superficie en un hemisferio $E = \frac{d\Phi_e}{dS}$	W.m ⁻²
REFLECTANCIA A	Relación entre la emitancia y la irradiancia $R = \frac{\pi L_r(\Omega)}{E(\theta_i, \phi_i)}$	



Ley del cuerpo negro

toda materia cuya temperatura sea mayor que la del cero absoluto, emite una radiación electromagnética propia, debido a la agitación térmica de las partículas que la constituyen. El espectro de emisión es por lo tanto característica de su temperatura.

La ley de Planck expresa que el cuerpo negro es aquel perfecto radiador que transforma la energía térmica en energía radiante, con la máxima tasa que le permiten las leyes de la termodinámica.

A la inversa, él absorbe y convierte en calor toda la energía radiante que recibe, independientemente de la banda espectral considerada.



La exitancia espectral M_λ del cuerpo negro está dada por la fórmula de Planck:

$$M_\lambda = \frac{2hc^2}{\lambda^5 (e^{(hc/kT)} - 1)} \quad (\text{en } W \times m^{-3} \times sr^{-1})$$

donde:

λ = longitud de onda.

h = constante de Planck ($6,6256 \times 10^{-34}$) Joules. segundo².

c = velocidad de la luz.

k = constante de Boltzman ($1,38054 \times 10^{-23}$) J.K⁻¹

t = temperatura en kelvins.



La anterior ecuación puede ser reducida a la forma:

$$M_{\lambda} = \frac{3,74151 \times 10^8}{\lambda^5 (e^{1,43879 \times 10^4 / \lambda T} - 1)} \text{ (en } W \times m^{-3} \times sr^{-1} \text{)}$$

Ley de Kirchhoff

Esta ley, enunciada en 1859 por el físico alemán Gustav Kirchhoff, Establece que para un medio en equilibrio termodinámico, la relación entre el coeficiente de la emisión de masa y el coeficiente de absorción de masa tiene un valor que es independiente de la naturaleza del material y que solamente depende de la longitud de onda de la radiación y de la temperatura ambiente:

$$\frac{j_{\lambda}}{k_{\lambda}} = M_{\lambda}(T)$$



Ley de Stefan-Boltzman

Al integrar la ecuación de la ley de Planck entre cero e infinito, tenemos que la exitancia de un cuerpo negro para el conjunto del dominio espectral y para un hemisferio está dada por:

$$M = \frac{2\pi \times k^4}{12c^2h^3} T^4$$

haciendo :

$$\sigma = \frac{2\pi \times k^4}{12c^2h^3}$$

la ecuación se puede expresar como :

$$M = \sigma T^4$$

donde $\sigma = 5,56698 \times 10^{-8} \text{ W} \times \text{m}^{-2} \times \text{K}^{-4}$



Ley de Wien

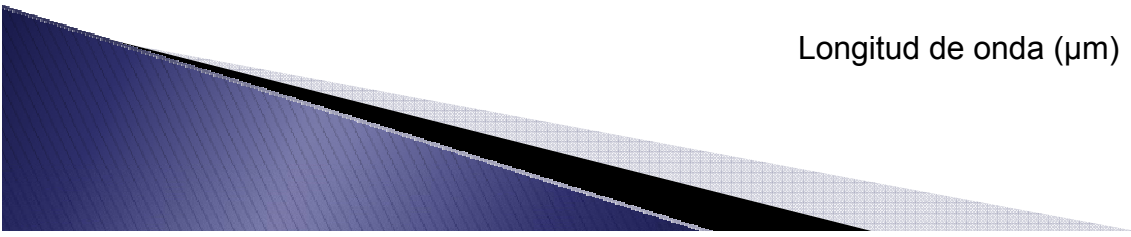
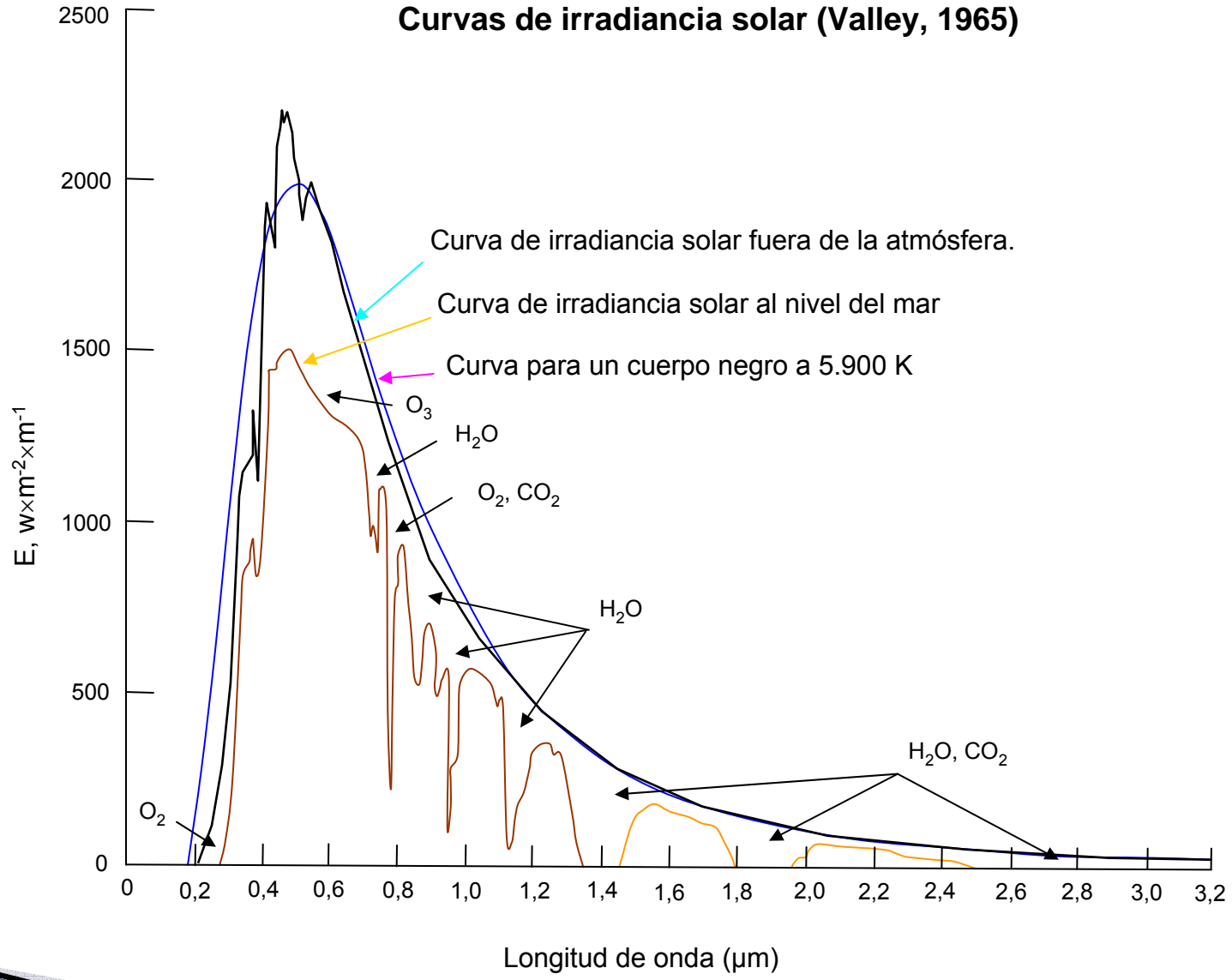
A una temperatura dada, la exitancia espectral de un cuerpo negro varia con la longitud de onda. La longitud de onda λ_m que corresponde al valor máximo de la exitancia espectral varia con la temperatura del cuerpo negro y su desplazamiento está dado por:

$$\lambda_{\max} \times T = 2898$$

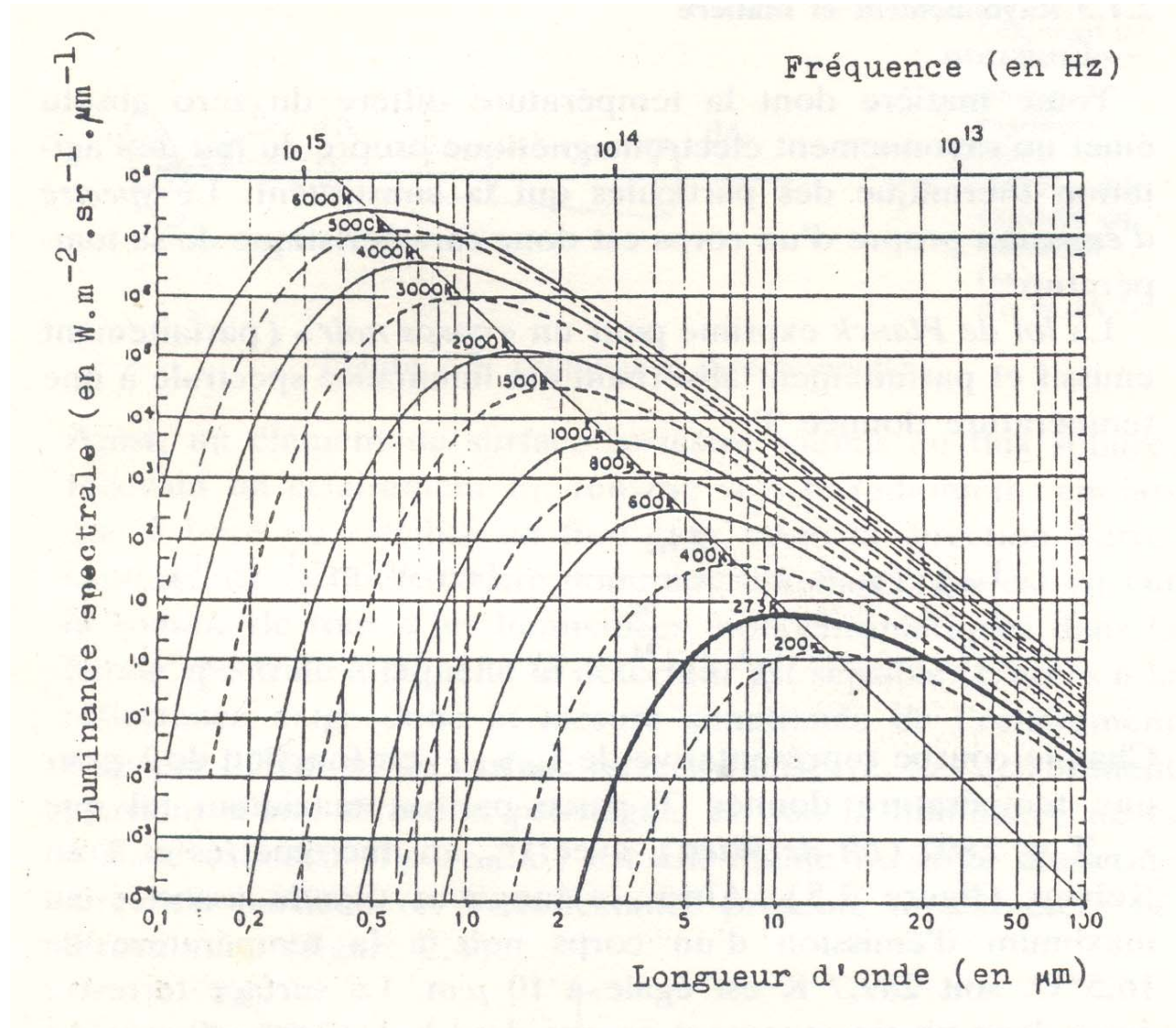
con λ en μm y T en Kelvin.



Curvas de irradiancia solar (Valley, 1965)



Emitancia radiactiva de un cuerpo negro



2.4 Radiación Electromagnética y Materia.

Cuando la energía electromagnética incide en la superficie de una materia, puede sufrir alguna o varias de las siguientes transformaciones:

Absorción.

Transmisión.

Reflexión.

Refracción.

Difusión.



-Absorción:

Una radiación electromagnética que penetra en un medio comunica energía cinética a las partículas que lo constituyen. En consecuencia, toda materia sujeta a una radiación absorbe energía. Esta absorción se hace más importante si las frecuencias propias de vibración de las moléculas o de los átomos expuestos, coinciden con la frecuencia de la radiación incidente (condición de resonancia). Por ejemplo, la unión O-H de la molécula de agua entra en resonancia cuando está sujeta a una radiación de una longitud de onda de $2,75 \mu\text{m}$. De aquí que exista una fuerte absorción por el agua de las ondas electromagnéticas que presenten esta longitud de onda.



-**Transmisión:** La transmisión de la radiación, o el paso de la misma a través de una materia no opaca, se realiza en forma directa cuando la misma puede desplazarse a través de un material sin dispersarse. Constituyen ejemplos comunes el vidrio, el agua, el aire, etc.



–Reflexión:

Se manifiesta en la superficie que separa dos medios en los cuales las ondas electromagnéticas se propagan a diferentes velocidades. Si la superficie de separación puede ser considerada como plana con respecto a la longitud de onda de la radiación incidente, existe reflexión especular, donde el ángulo de reflexión es igual al de incidencia. Si la superficie de separación presenta un carácter rugoso respecto a la longitud de onda, existe reflexión difusa. La energía puede ser emitida en todas direcciones, en el hemisferio de donde proviene la radiación incidente. Cuando la luminancia espectral detectada por una reflexión es independiente del ángulo de observación y del ángulo de incidencia, la superficie reflectante se llama Lambertiana.



-Refracción:

La refracción acompaña generalmente la reflexión cuando el medio cuya superficie está sujeta a la radiación incidente ofrece una cierta transparencia a estas ondas. Ellas penetran en este caso en el medio en cuestión, pero su dirección de propagación y su longitud de onda se modifican, ya que la velocidad cambia, mientras que su frecuencia permanece constante. Se puede observar este fenómeno en el pasaje de la luz visible del aire hacia el agua o viceversa.



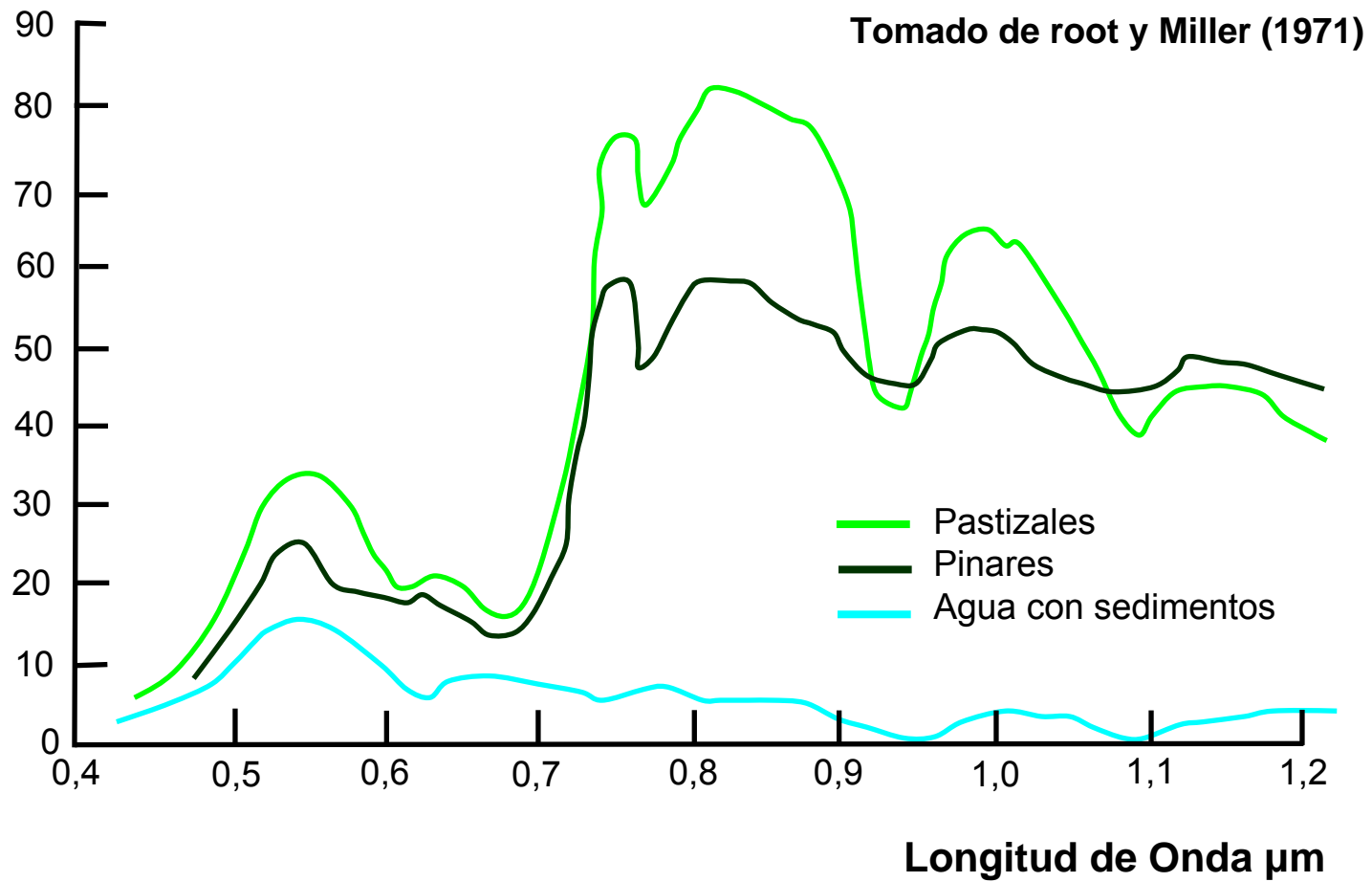
-Difusión:

El mecanismo de difusión se basa en el hecho siguiente: las partículas que constituyen el medio sujeto a una radiación Electromagnética juegan papel de fuentes secundarias susceptibles de reemitir en todas direcciones. Si la radiación reemitida es de la misma frecuencia que la radiación incidente, Existe absorción de energía por el medio y la difusión es inelástica. Se puede distinguir entonces:

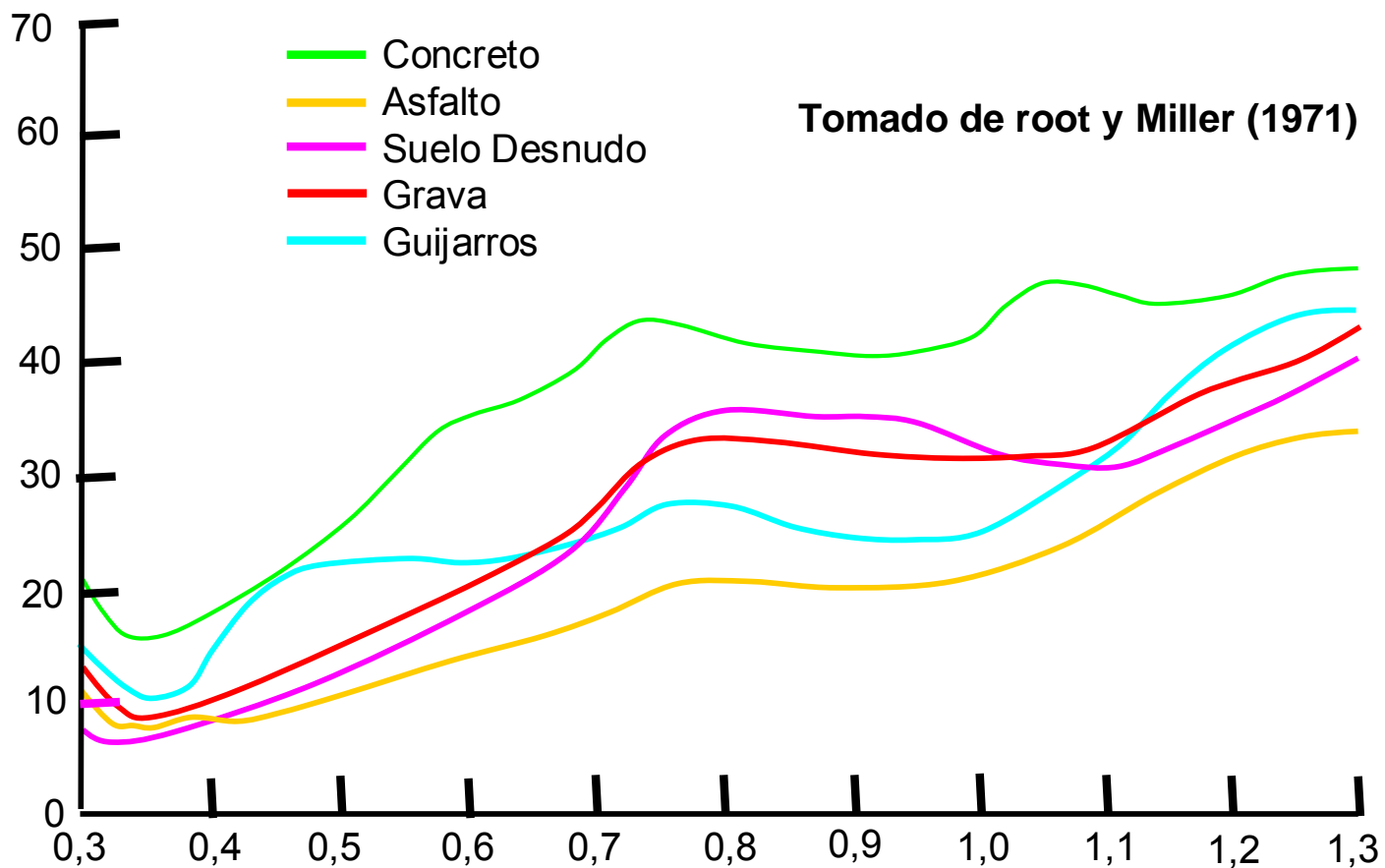
- La difusión elástica de Mie, la cual concierne las partículas cuyas dimensiones son del mismo orden que la longitud de onda. La intensidad de la radiación difundida está en I^{-n} , con n del orden de 1 a 2.
- La difusión elástica de Rayleigh, que se aplica a las partículas con dimensiones muy inferiores a la longitud de onda. La intensidad de la radiación difundida es función de I^{-4} .
- Las difusiones inelásticas Compton o Raman mediante las cuales la frecuencia de la radiación aumenta o disminuye.



Reflectancia %

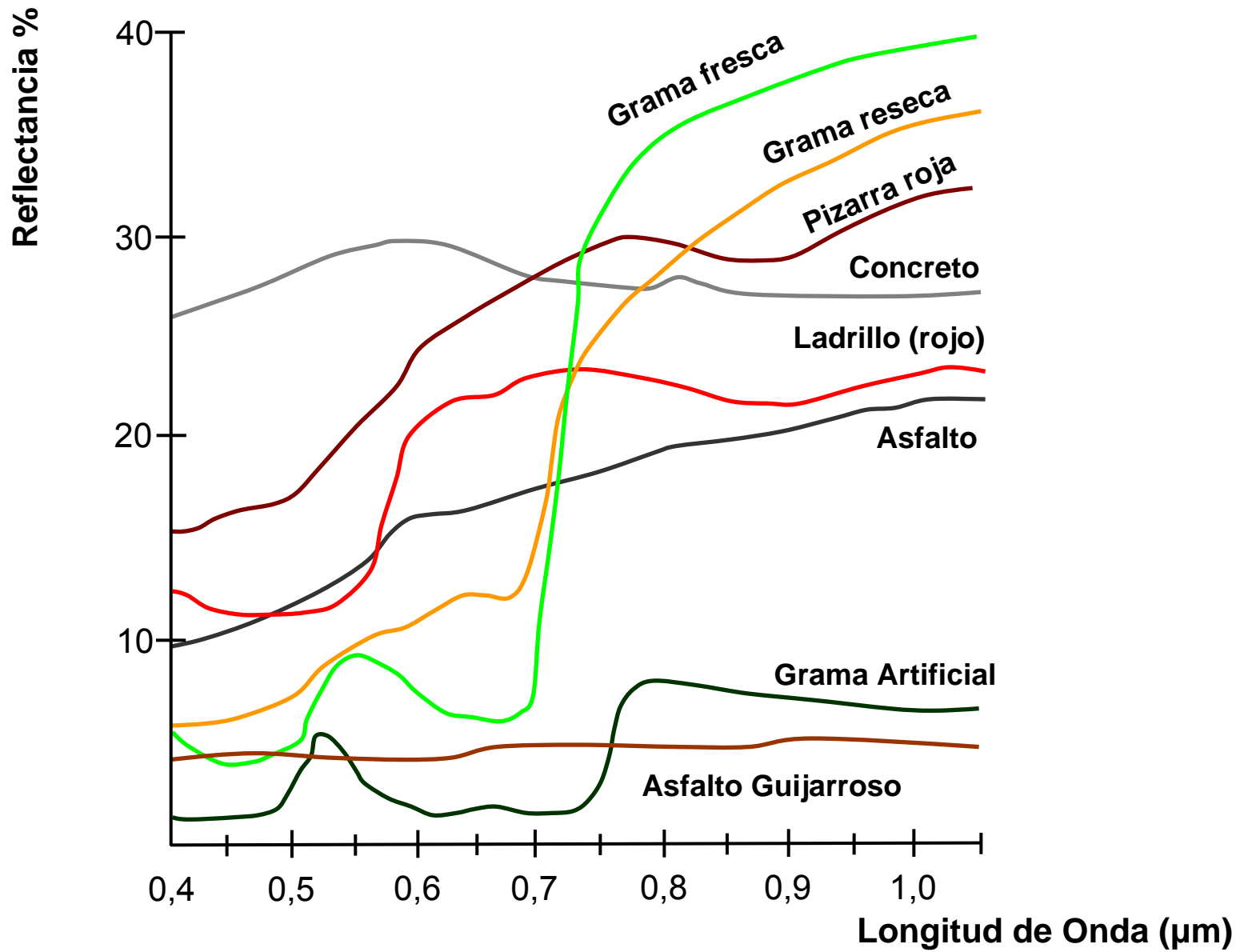


Reflectancia %



Longitud de Onda μm





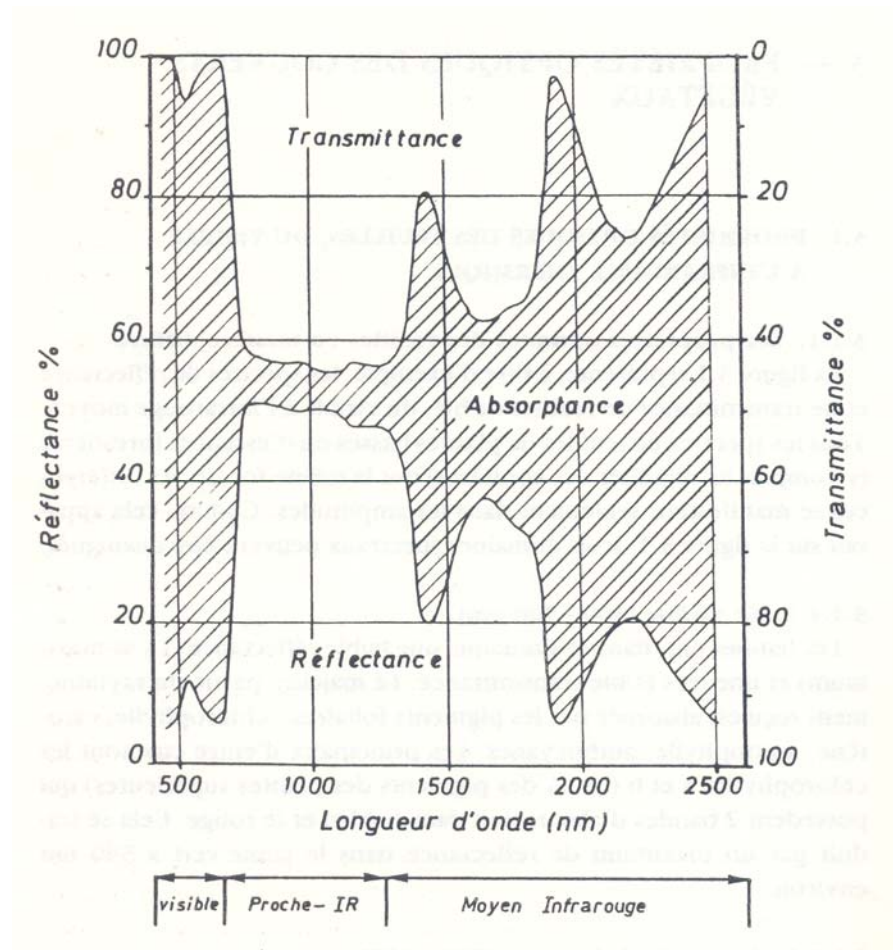
Factores que influyen en la reflectividad de la vegetación

- ▶ Factores de reflectividad de la hoja.
 - Pigmentos.
 - Estructura de la hoja.
 - Humedad
- ▶ Factores del dosel vegetal.
 - Proporción hoja / lignina / suelo
 - Geometría de las hojas.
 - Ángulos de observación.

(Tomado de Chuvieco)



Curva característica del Trigo

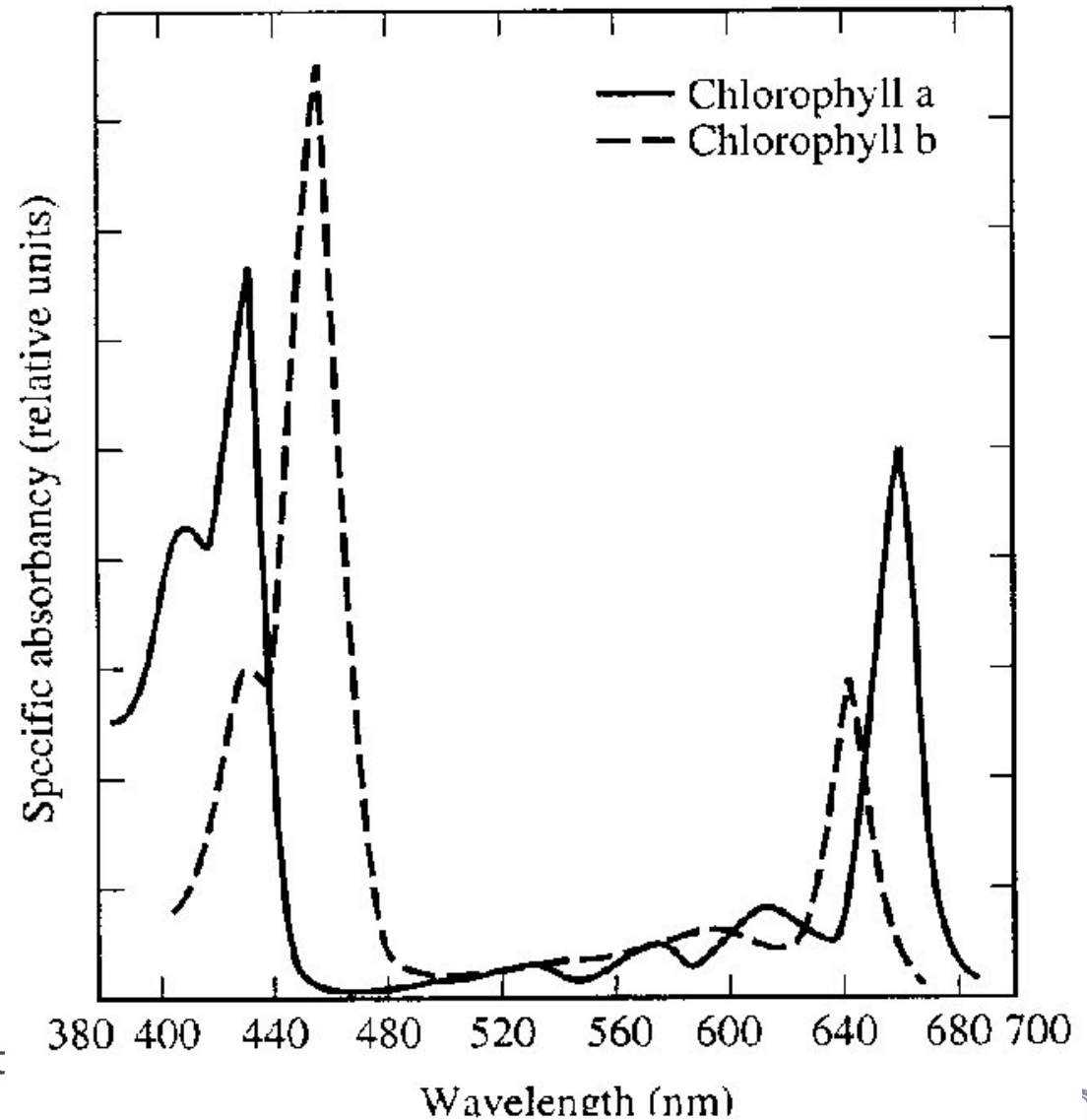


(Tomado de Guyot)

Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática

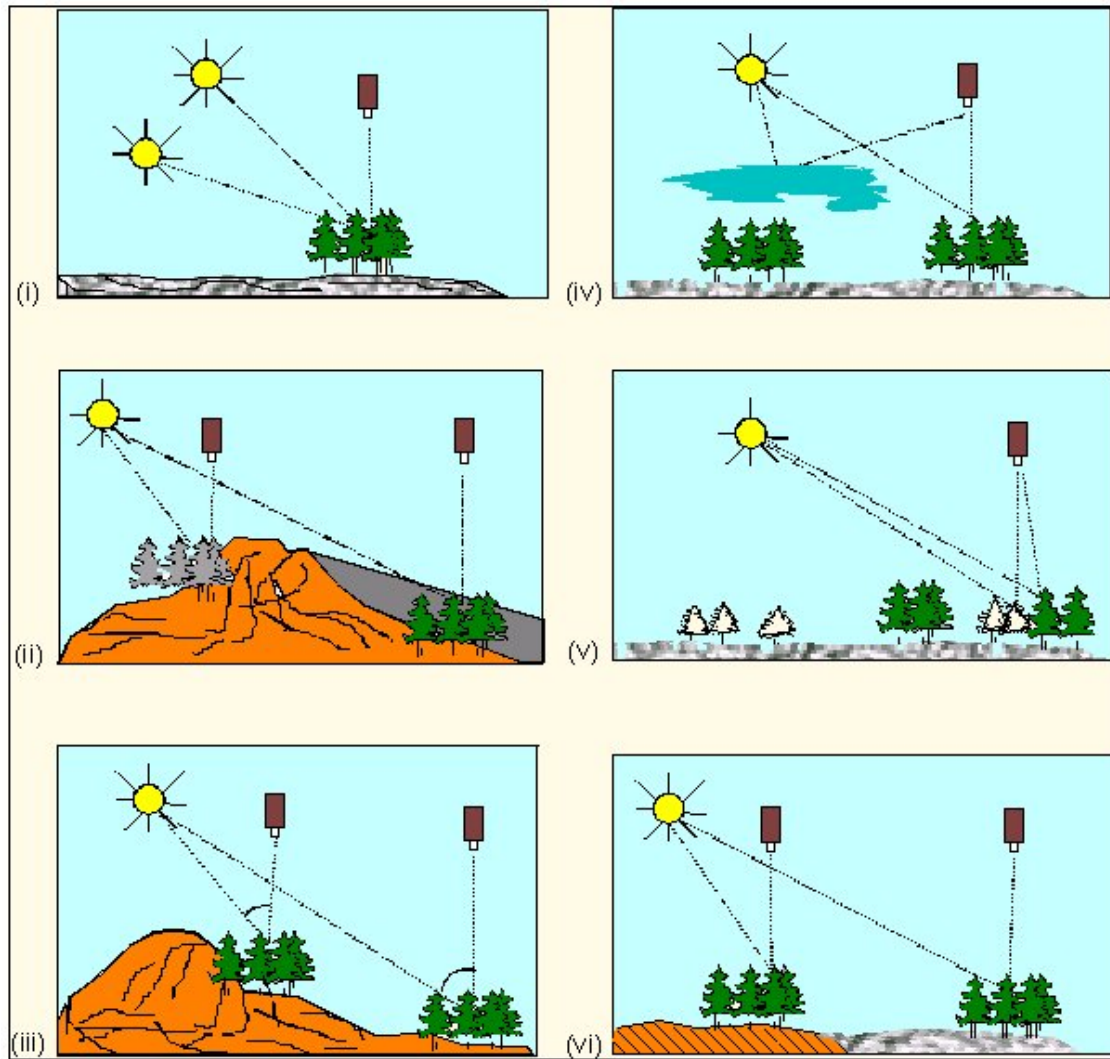


Espectro de absorción de la clorofila



Instituto de Fot



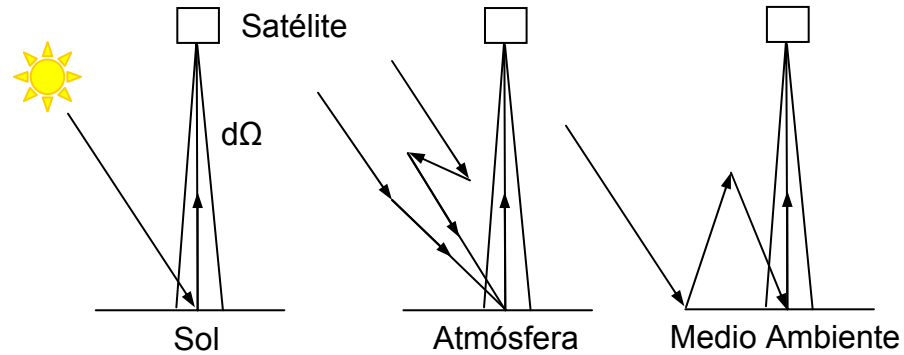


- (i) altura solar
- (ii) pendiente
- (iii) orientación
- (iv) atmósfera
- (v) fenología
- (vi) sustrato

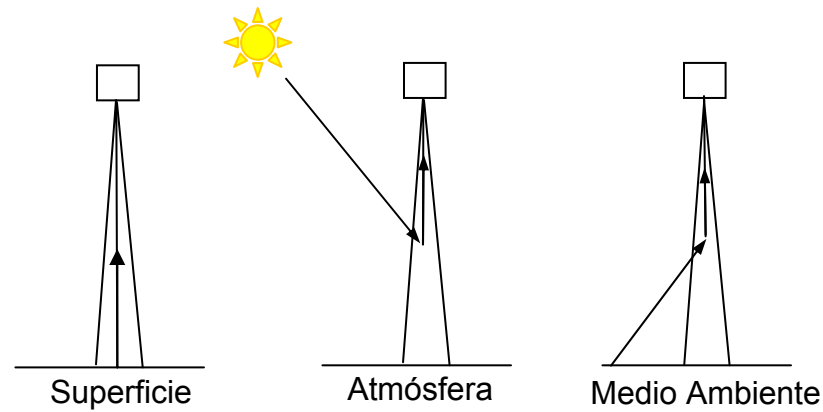
(Tomado de Chuvieco)



Contribuciones a la iluminación de la superficie



Contribuciones a la iluminación medida



(Tomado de Guyot)



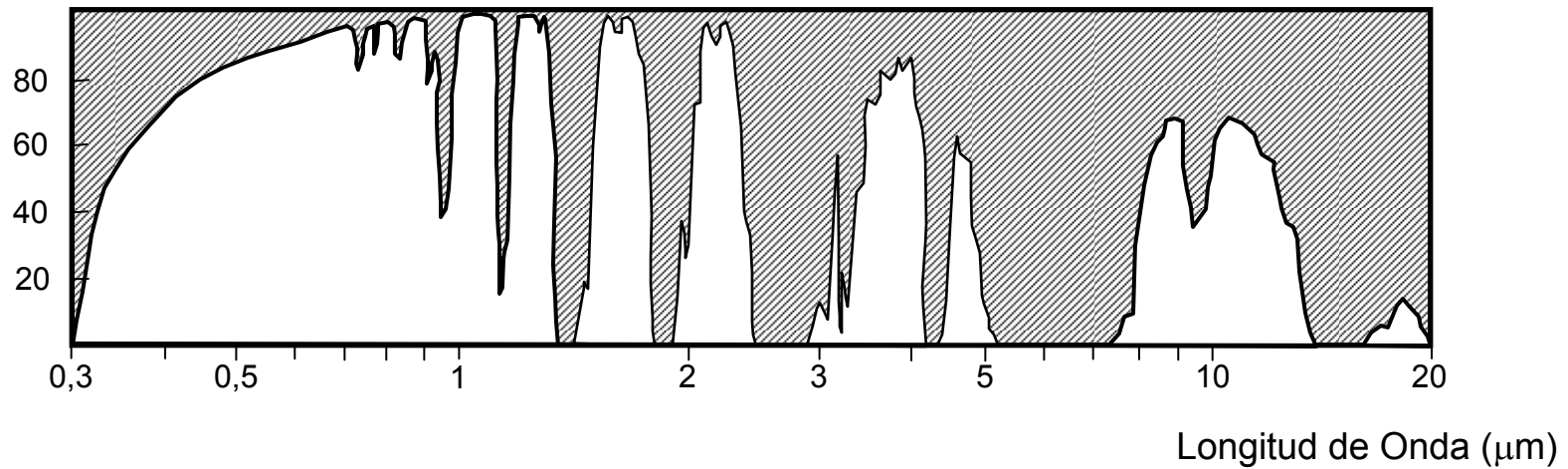
2.5 Radiación Electromagnética y Atmósfera

La señal electromagnética detectada por el captor embarcado a bordo de un satélite llega a éste después de atravesar la atmósfera. El análisis de los datos de sensores remotos a partir de satélites exige en consecuencia tomar en cuenta las interacciones radiación - atmósfera.

El cruce de la atmósfera por las ondas electromagnéticas plantea problemas de interpretación evidentes pero a su vez tiene el aspecto positivo de que se puede obtener información sobre la composición de las capas atmosféricas y sus propiedades.



Transmisión (%)



Transmisión de Atmósfera Estándar

Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



Tres fenómenos físicos fundamentales intervienen en las interacciones radiación-atmósfera:

- La absorción por las moléculas de gas.
- La difusión por los aerosoles y las moléculas.
- La refracción.

La absorción es debida a la entrada en resonancia de las moléculas bajo la acción de una radiación cuya frecuencia coincide con su frecuencia propia de vibración. La transmisión de la radiación se encuentra de esta manera fuertemente afectada ya que la energía que ella transporta se transfiere a las moléculas en resonancia. Es De esta forma que la absorción de los rayos ultravioletas por el ozono se traduce por un calentamiento de la estratósfera, de allí la inversión de temperatura que ocurre más allá de la tropopausa.



Los principales picos de absorción debidos a la presencia de los constituyentes variables de la atmósfera son los siguientes:

-H₂O : 1,1 μm .

1,4 μm .

1,9 μm .

3,0 μm .

6,0 μm .

13,0 μm .

1,3 cm.

-CO₂ : 2,7 μm . IRT (15 μm), IRM (2,5 a 4,5 μm).

4,3 μm .

15,0 μm .

-O₃ : 9,6 μm . Microondas

3,0 mm.

La radiación electromagnética del visible y del infrarrojo son más afectadas por la absorción molecular que las micro-ondas.



La difusión debida a las moléculas de gas sigue sensiblemente la ley de Rayleigh, mientras que los aerosoles se ajustan más a la difusión de Mie. Esta difusión, sobretodo sensible en el dominio de las longitudes de onda cortas del visible implica una modificación espectral de la radiación.

A los dos fenómenos precedentes se añade la refracción debida a las variaciones verticales de temperatura, de presión y de composición de la atmósfera, lo cual conlleva a un índice de refracción variable en el espacio y en el tiempo.



En la teledetección a partir de satélites, la señal recibida por el captor es alterada en su travesía a través de la atmósfera. La luminancia medida por el detector se expresa como:

$$L(\lambda) = \alpha(\lambda)L_s(\lambda) + L_a(\lambda)$$

$L_s(\lambda)$ es la luminancia propia espectral del sol, tal como se la podría medir en la proximidad de su superficie.

$\alpha(\lambda)$ es un coeficiente de transmisión atmosférico que integra todos los efectos mencionados anteriormente.

$L_a(\lambda)$ es la luminancia propia de la atmósfera, que contribuye a emitir hacia el detector, por ejemplo, por difusión de la radiación solar.



El Color

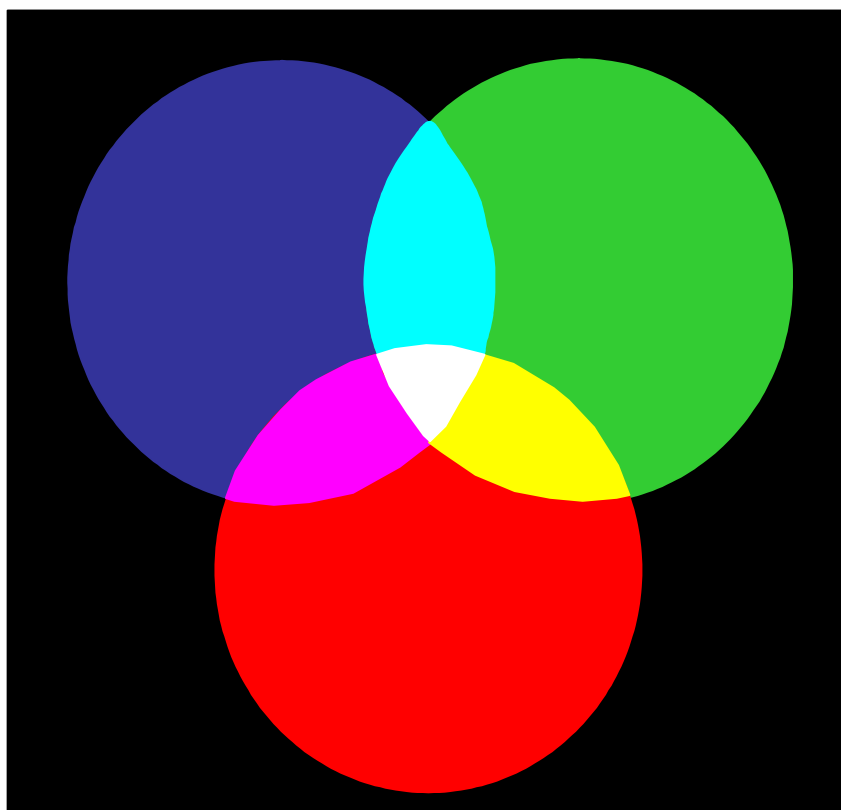
El color es una percepción visual que se genera en el cerebro al interpretar las señales nerviosas que le envían los fotorreceptores de la retina del ojo y que a su vez interpretan y distinguen las distintas longitudes de onda que captan de la parte visible del espectro electromagnético.

(Tomado de wikipedia)

El color se puede resumir en tres longitudes de onda fundamentales: Rojo, verde y azul. Con estas tres longitudes de onda se pueden reproducir Todos los colores del espectro visible, mediante el proceso denominado “Síntesis Aditiva”, el cual consiste en sumar estas longitudes de onda.

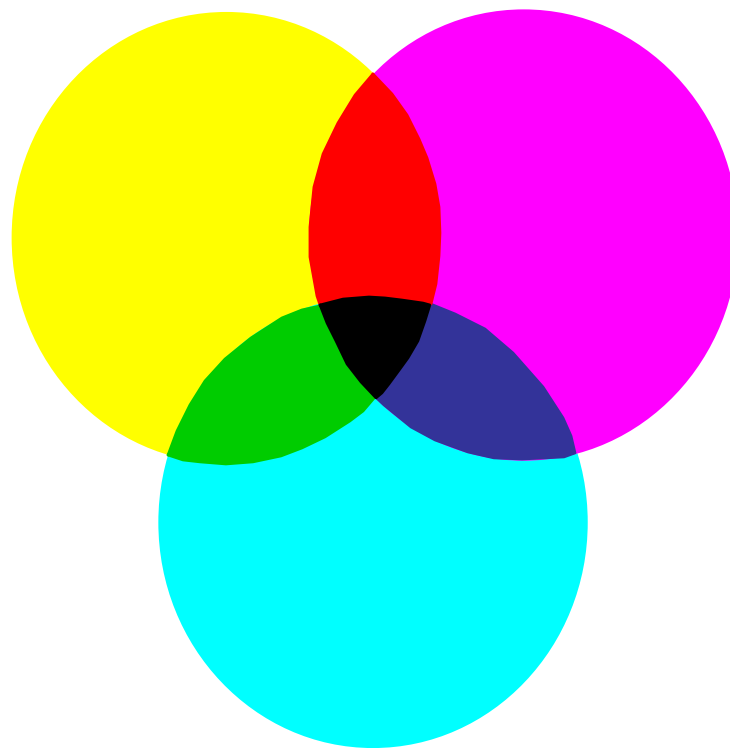
Cuando se suman los colores complementarios a los colores primarios, se usa la denominada “Síntesis Sustractiva”, la cual no suma la luz sino que la Resta a la luz blanca.





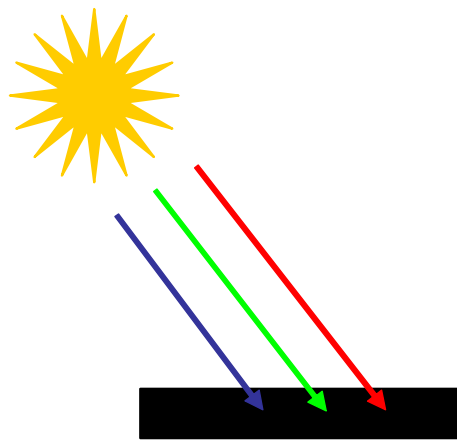
Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



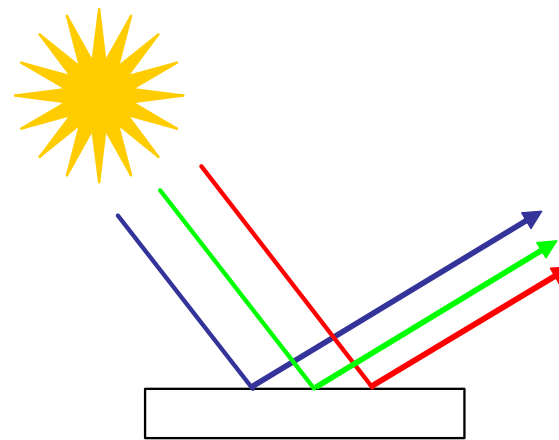


Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática

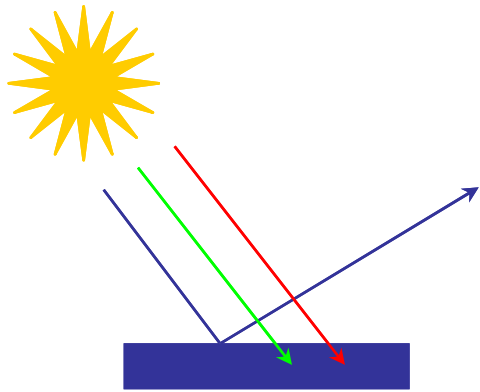




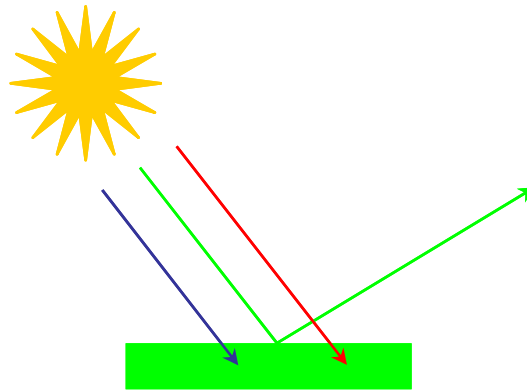
NEGRO



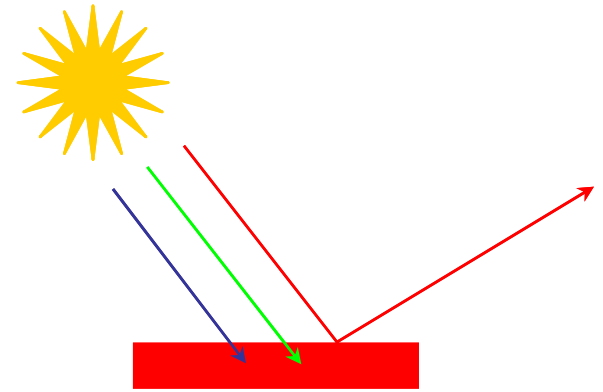
BLANCO



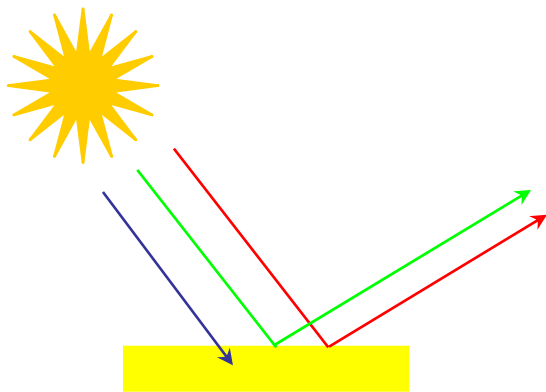
AZUL



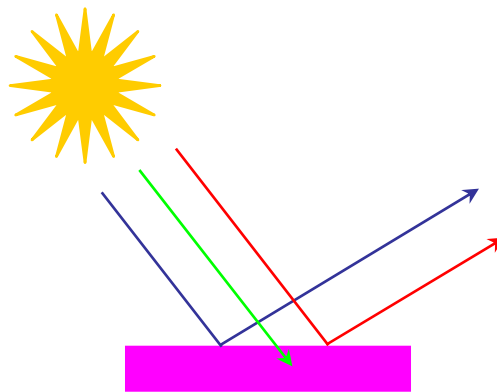
VERDE



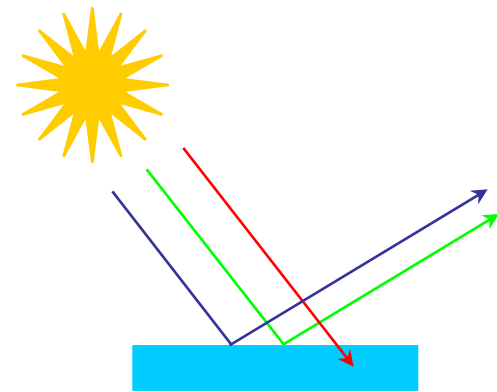
ROJO



AMARILLO



MAGENTA



CIAN



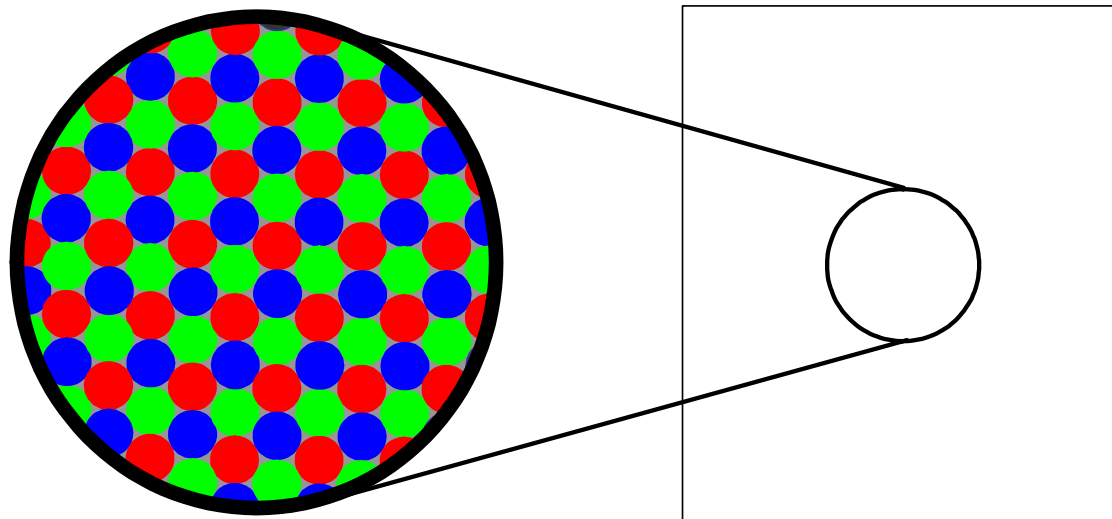


Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática

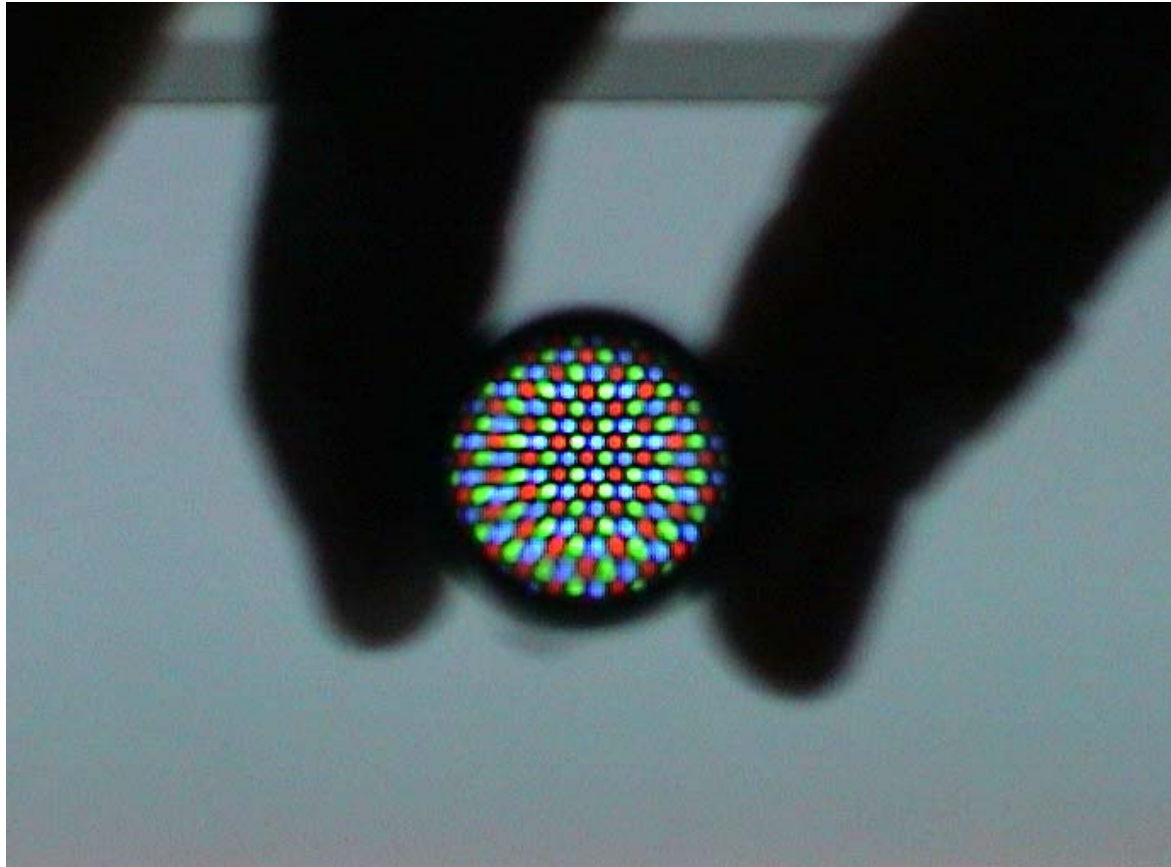




Formación del blanco en el monitor

Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática

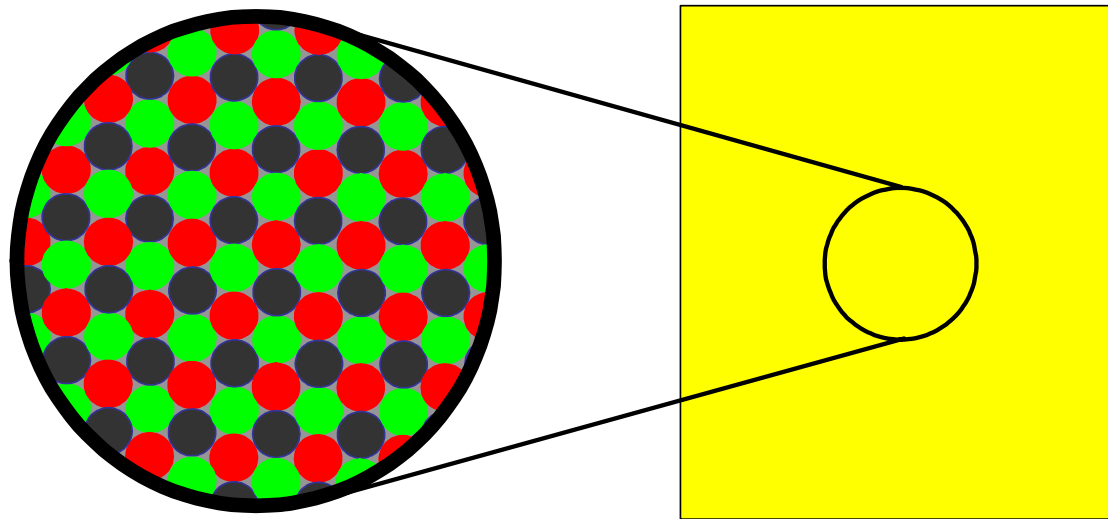




Detalle de la formación del blanco en el monitor

Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática





Formación del amarillo en el monitor

Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



Tema 3: Orbitografía

- ▶ 3.1 Leyes de Kepler.
- ▶ 3.2 Geometría de la órbita.
- ▶ 3.3 Tipos de órbitas.
 - 3.3.1 Orbitas bajas.
 - 3.3.2 Orbitas medias.
 - 3.3.3 Orbitas helio sincrónicas.
 - 3.3.4 Orbitas geoestacionarias.
- ▶ 3.4 Determinación de la posición del satélite.
- ▶ 3.5 Lanzaderas.



3.1. Leyes de Kepler.

Primera Ley.

La trayectoria desarrollada por un cuerpo que orbita a otro, es una elipse, siendo el cuerpo orbitado uno de los focos de la elipse.

Segunda Ley: (ley del área).

La velocidad del objeto que orbita no es constante, sino que aumenta a medida que el objeto se acerca al foco, de manera que el área cubierta por la órbita es siempre constante.



Segunda Ley: (ley del área).

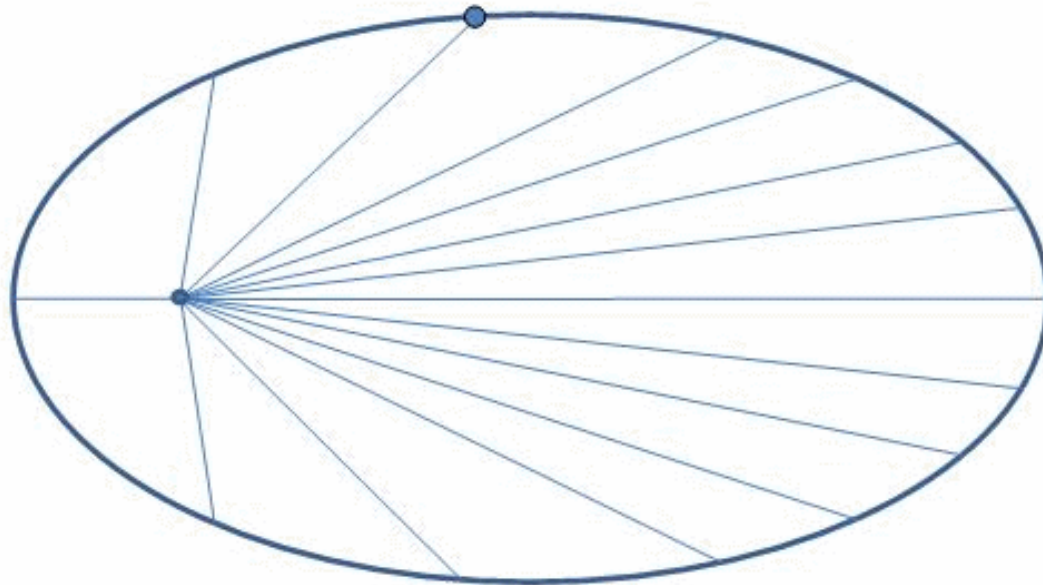
La ley de las áreas es equivalente a la constancia del momento angular, es decir, cuando el planeta está más alejado del Sol (decimos que se encuentra en el afelio), su velocidad es menor que cuando está más cercano al Sol (perihelio). En el afelio y en el perihelio, el momento angular “L” es el producto de la masa del planeta, por su velocidad y por su distancia al centro del Sol.

La fórmula es la siguiente:

$$L = m_1 \times r_1 \times v_1 = m_2 \times r_2 \times v_2$$



Segunda Ley: (ley del área).



Tercera Ley.

Para cualquier planeta, el cuadrado de su período orbital es directamente proporcional al cubo de la distancia media al Sol.

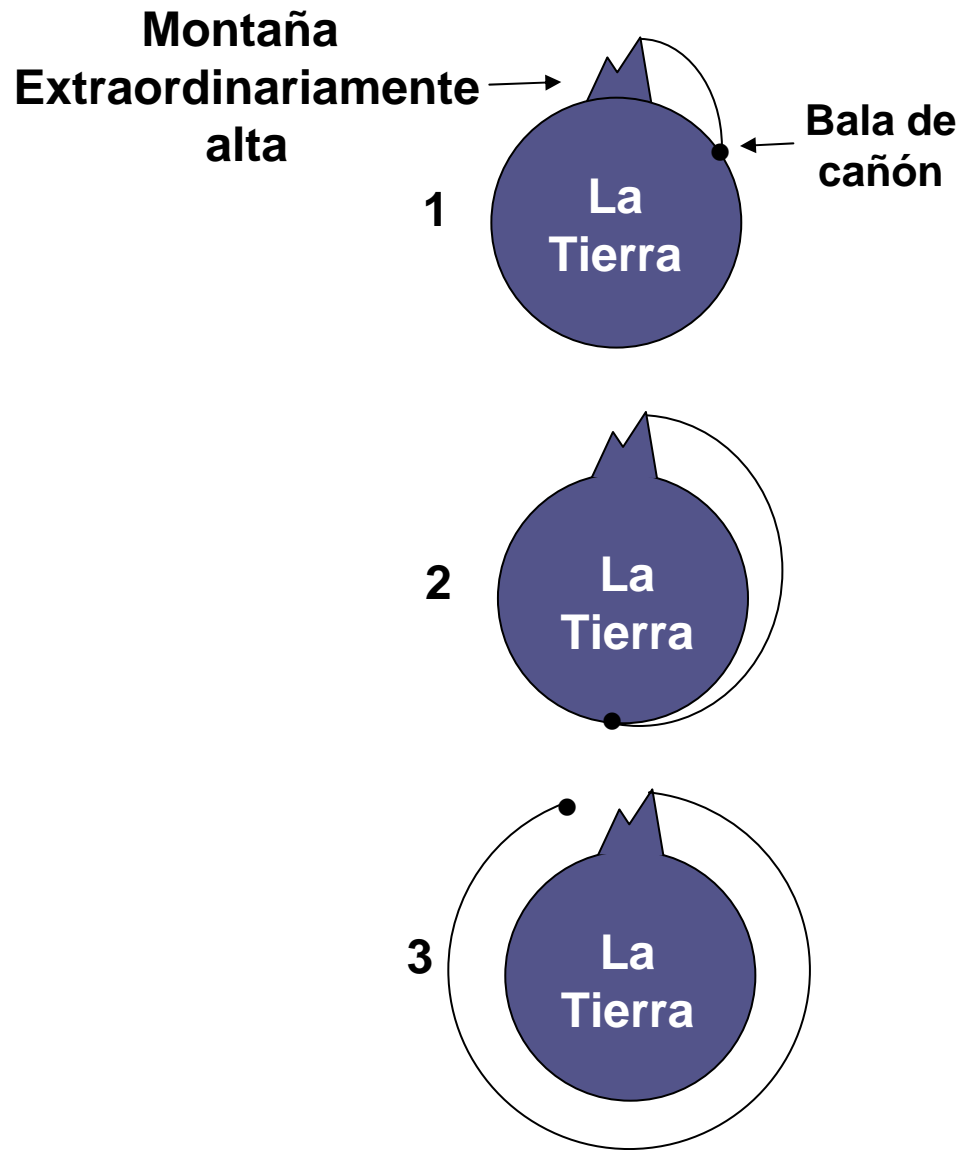
$$K = \frac{a^3}{T^2}$$

T= Periodo orbital (tiempo que tarda el planeta en dar una vuelta al Sol)

a= Distancia media del planeta con el Sol

K= Constante de proporcionalidad ($1,0 \times 10^{13} \text{ s}^2/\text{m}^3$)





5.3. Tipos de órbitas.

3.3.1. Órbitas bajas.

3.3.2. Órbitas medias.

3.3.3. Órbitas heliosincrónicas.

3.3.4. Órbitas geoestacionarias.



3.3.1. Órbitas bajas.

Un órbita baja (LEO Low Earth Orbit) se define como aquella que está entre los 160 – 2000 km sobre la superficie de la Tierra

En este tipo de órbita se ubican los vuelos tripulados, cuya máxima altura se alcanzó con la nave Gemini 11, con un apogeo de 1.374 km.

3.3.2. Órbitas medias.

Las órbitas medias (MEO Medium Earth Orbit), se encuentran entre los 2.000 y los 36.000 km de apogeo. Son las órbitas que usan los satélites de navegación y los de comunicación que cubren los polos.

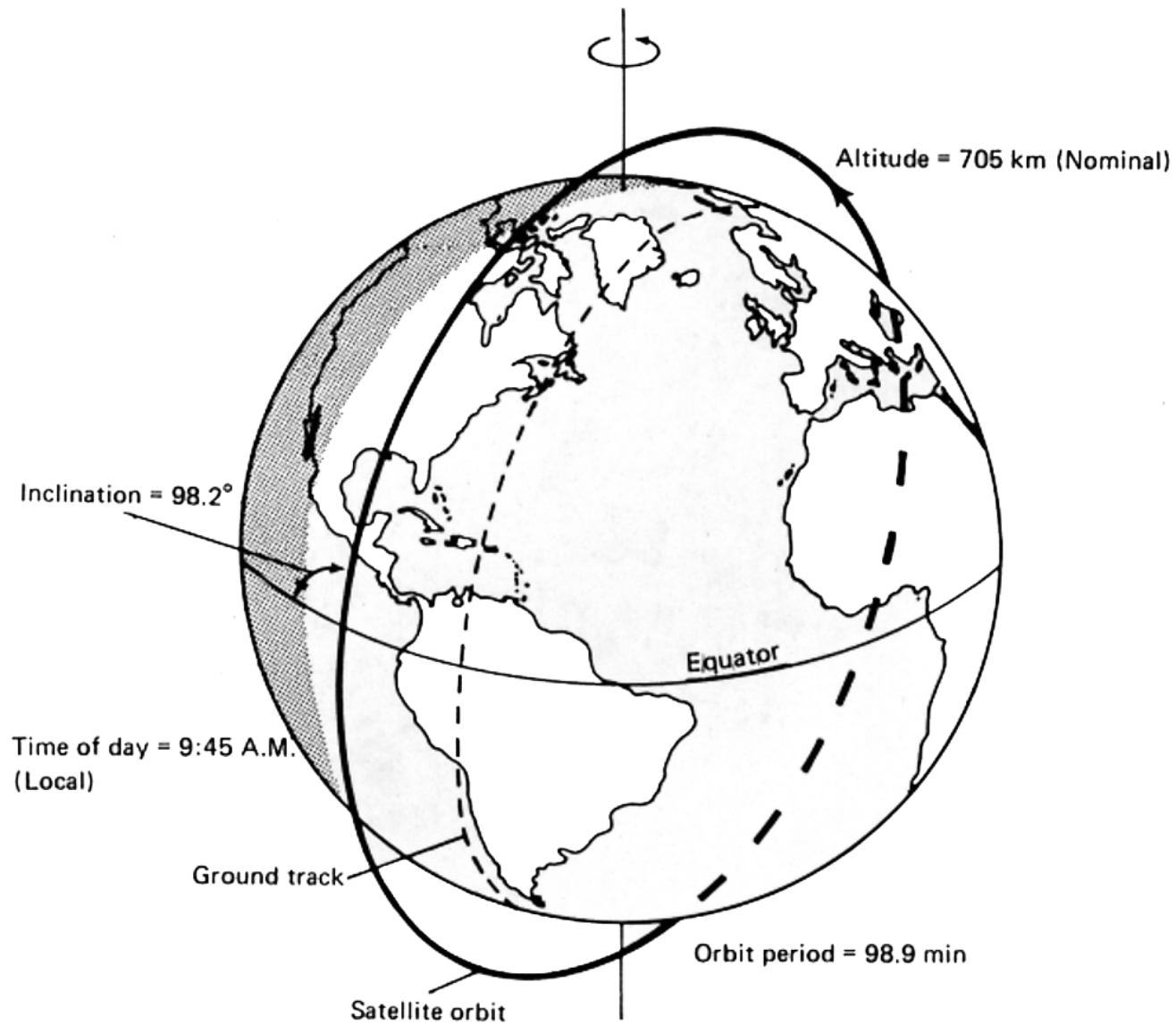


3.3.3. Orbitas Helio-Sincrónicas.

Una órbita Helio-Sincrónica es una órbita geocéntrica que Combina la altitud y la inclinación en tal forma la traza de un objeto sobre la misma tendrá siempre la misma hora solar media, y por lo tanto el ángulo de iluminación será aproximadamente el mismo todo el tiempo.

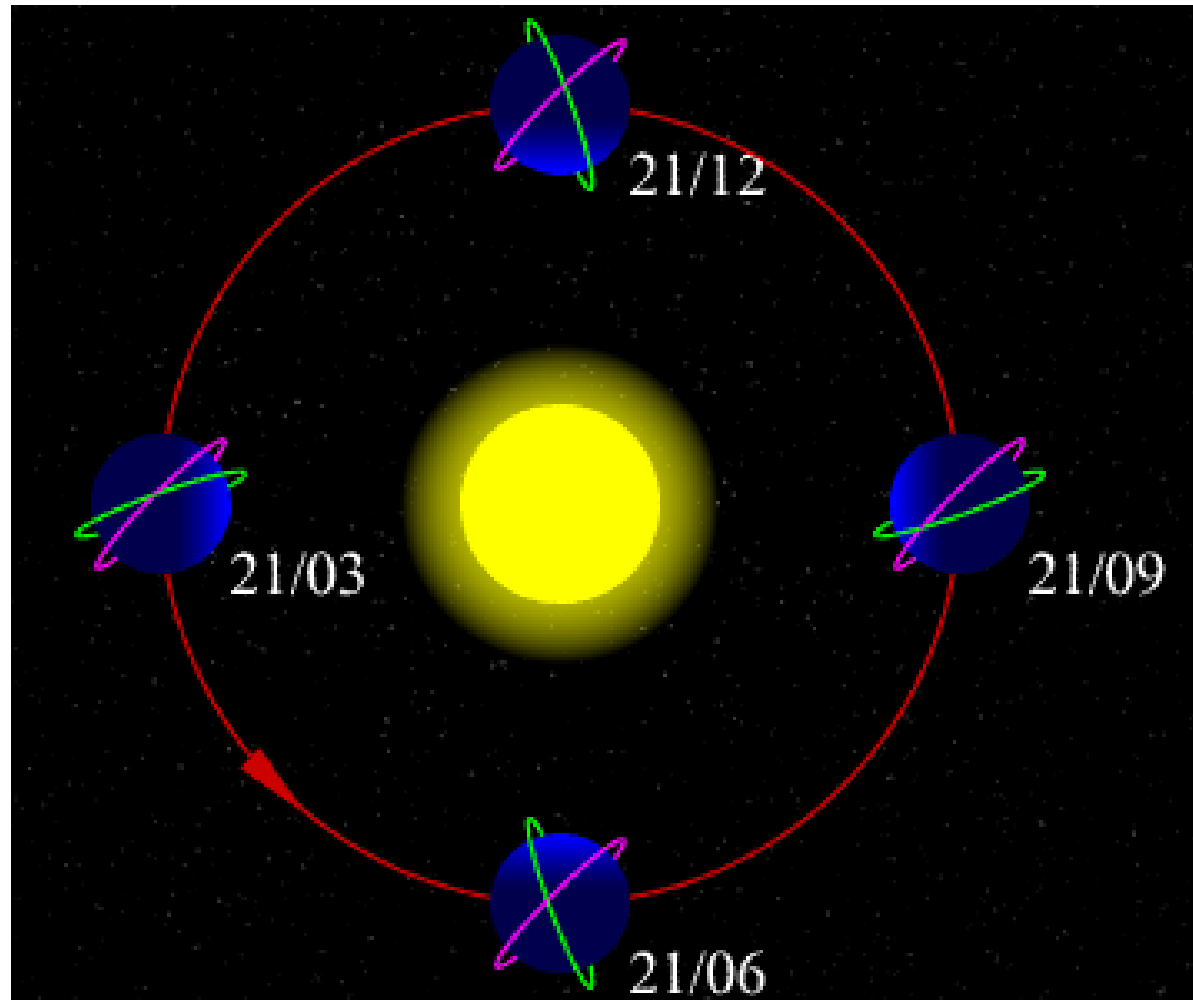
Esto se logra mediante la rotación hacia el este del plano orbital, en un grado por día con respecto a la esfera celeste.





Sun-synchronous orbit of Landsat-4 and -5. (Adapted from NASA diagram.)

3.3.3. Orbitas Helio-Sincrónicas.



Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



3.3.4. Orbitas geoestacionarias.

Orbita geoestacionaria es aquella donde el satélite se encuentra siempre en la misma posición con respecto a la Tierra. Para ello, el período de rotación del satélite debe ser igual al de la Tierra (23h 56m 4.09 s).

Tomando la tercera ley de Kepler, tenemos que:

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{Gm_T}{4\pi^2}$$

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kgseg}^2$$
$$m_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$$

de donde :

$$a = \sqrt[3]{\frac{Gm_T \times T^2}{4\pi}}$$

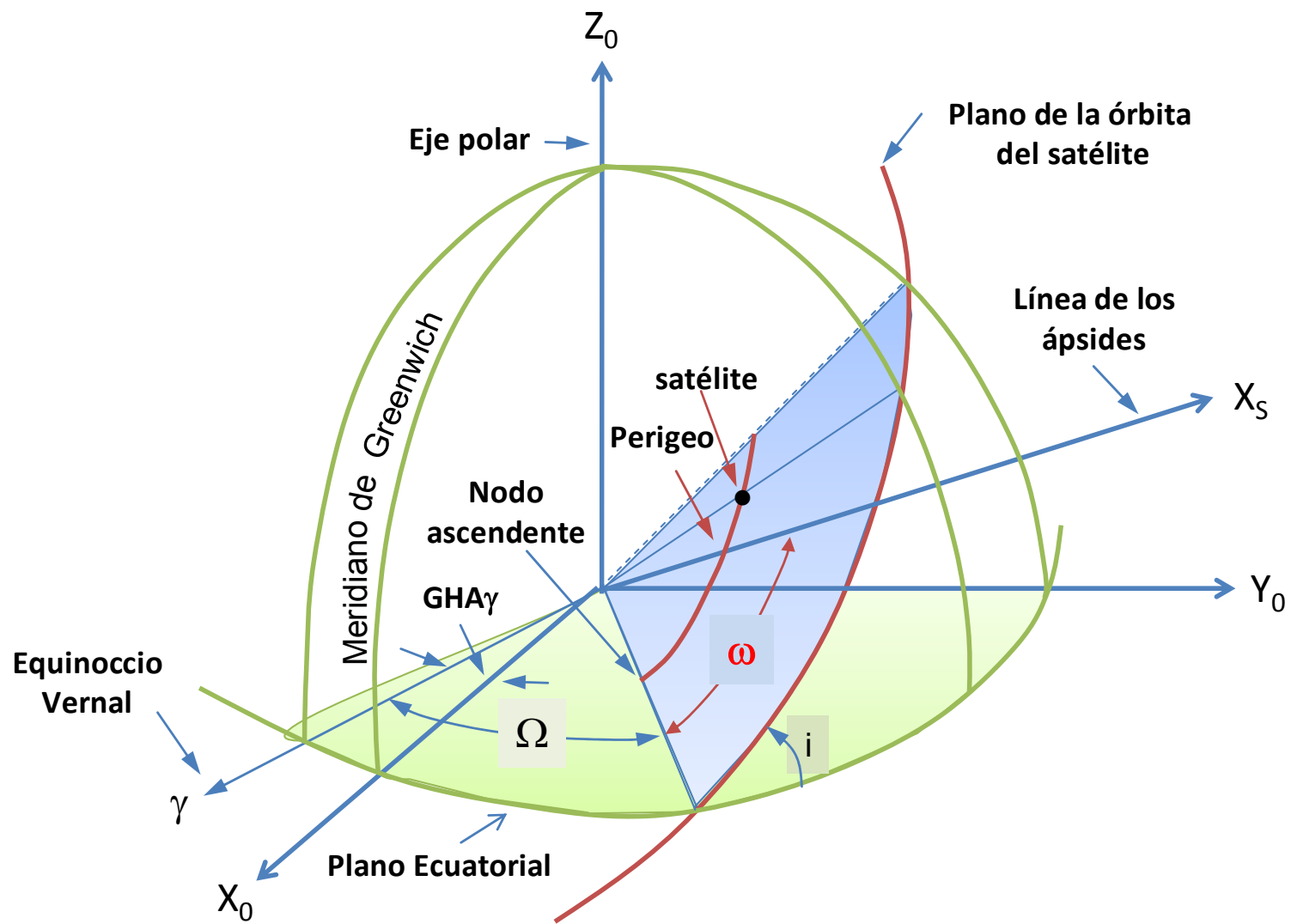


Elementos de la órbita Kepleriana

Seis parámetros o elementos Keplerianos describen la órbita de un satélite con respecto a la Tierra. Estos parámetros describen una elipse, orientada en torno a la Tierra y ubican la satélite sobre la elipse en un momento de tiempo determinado.

a	Semi eje mayor	Tamaño y forma de la Órbita
e	Excentricidad	
ω	Argumento del perigeo	Plano orbital en el sistema aparente
Ω	Ascensión recta del nodo ascendente	
i	Inclinación	Posición en el plano orbital
μ	Anomalía media	





Cálculo de la posición de satélite mediante su almanaque.

Nomenclatur	Definición	Unidades
ID		
Salud		1,0
E	Excentricidad	adimensional
TOA	Tiempo de aplicación	Segundos
I	Inclinación orbital	Radianes
	Tasa de Ascensión Recta	radianes/segundo
\sqrt{a}	Raíz cuadrada del semi-eje mayor	Metros
Ω	Ascención recta en el TOA	Radianes
ω	Argumento del Perigeo	Radianes
M0	Anomalía Media	Radianes
Af0	Satellite clock drift	Segundos
Af1	Satellite clock drift	segundos/segundo
semana	Número de la semana GPS	Número de semana



Cálculo de la posición de satélite mediante su almanaque.

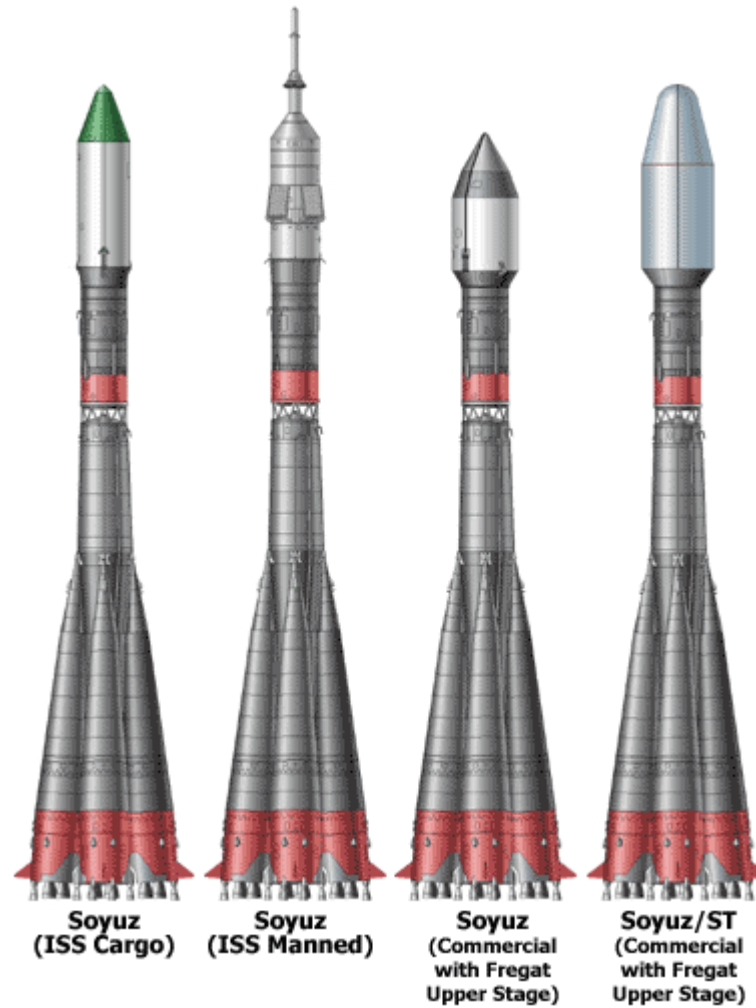
$\dot{\Omega}$

**** Week 0 almanac for PRN-01 *****

ID: 01
Health: 000
Eccentricity: 4.718303680E-03
Time of Applicability(s): 61440.000000000000 (toa)
Orbital Inclination(rad): 9.586805105E-01 (i, inclinación)
Rate of Right Ascen(r/s): -7.726036699E-09 (omega dot)
SQRT(A) ($m^{1/2}$): 5154.30908203125 (raiz del semi-eje mayor)
Right Ascen at TOA(rad): 2.676403522E+00 (Ω , omega)
Argument of Perigee(rad): -1.724537134E+00 (ω)
Mean Anom(rad): -1.114326939E-01 (Mo)
Af0(s): 9.536743164E-05 (clock correction coeficient)
Af1(s/s): 0.000000000E+00 (clock correction coeficient)
Week: 0



5.5. Lanzaderas.



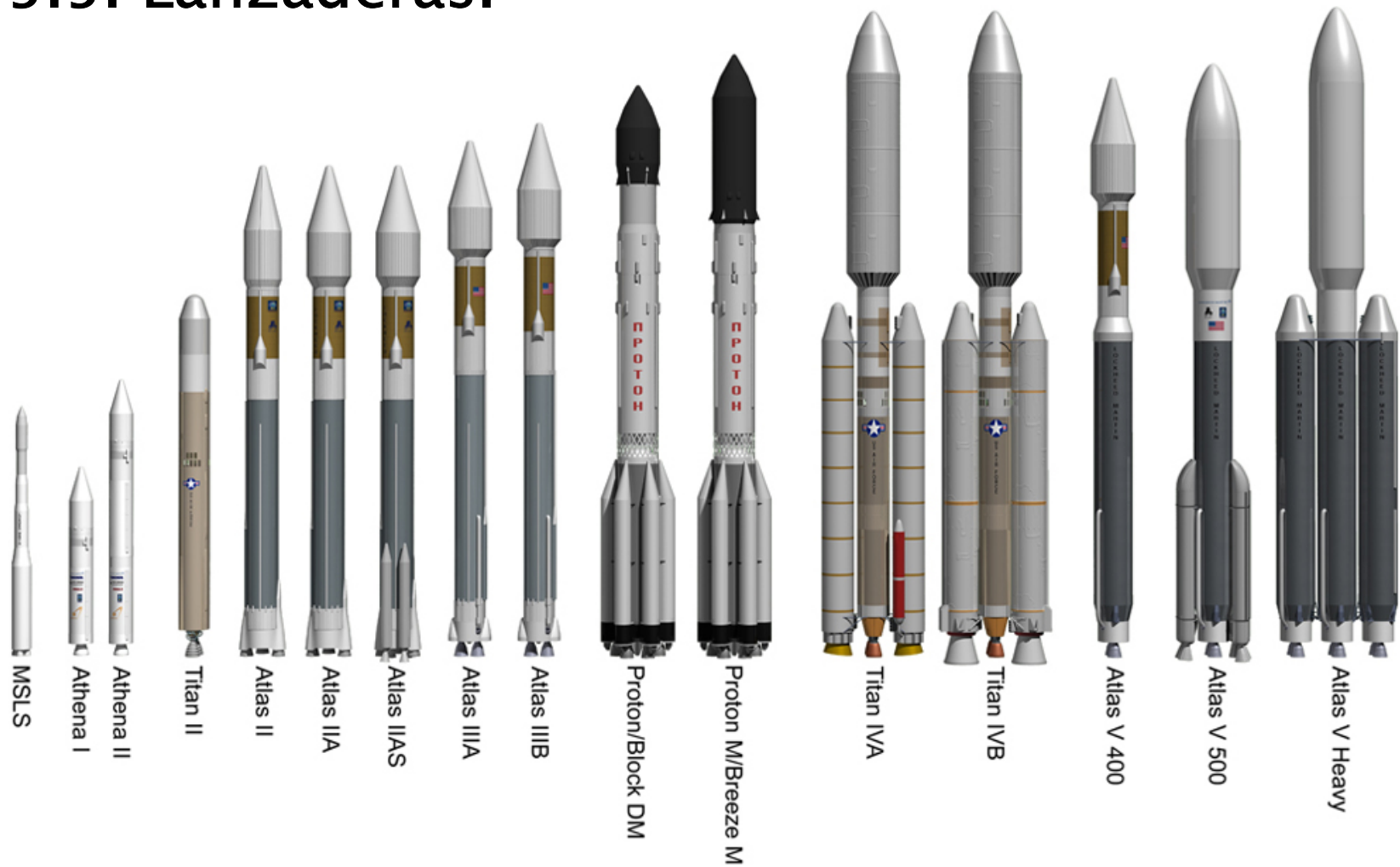
5.5. Lanzaderas.



Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática

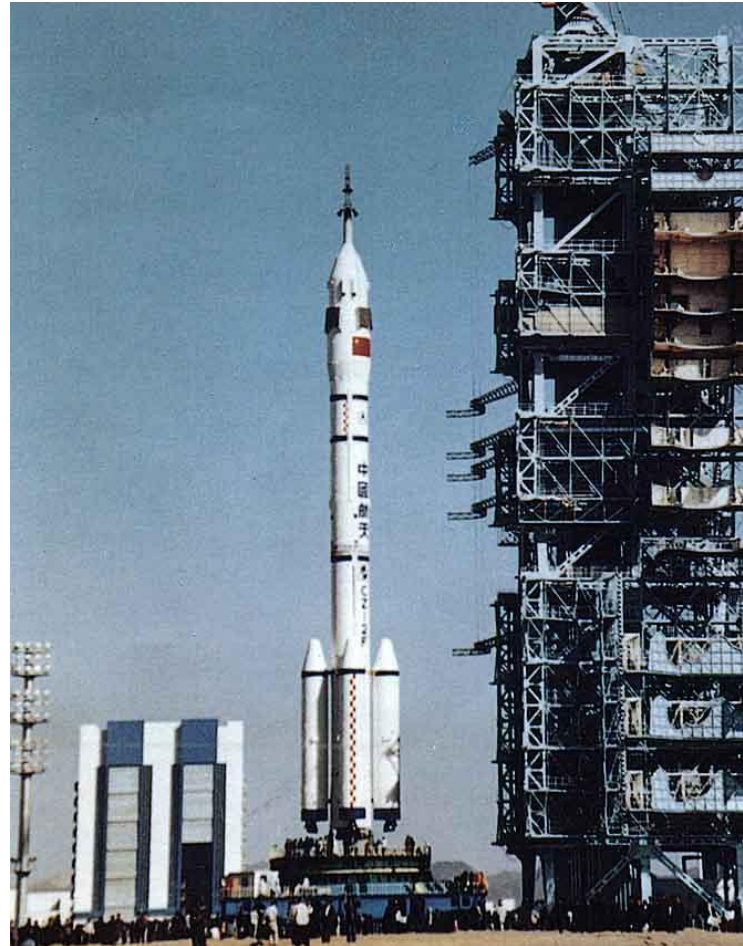


5.5. Lanzaderas.



5.5. Lanzaderas.

Larga Marcha



Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



5.5. Lanzaderas.

Vega



Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



5.5. Lanzaderas.



Instituto de Fotogrametría/Diplomado en Ingeniería Geomática



Sitios de lanzamiento alrededor del mundo

1 - Vandenberg
2 - Edwards
3 - Wallops Island
4 - Cape Canaveral
5 - Kourou
6 - Alcántara

7 - Hammaguir
8 - Torrejón
9 - Andoya
10 - Plesetsk
11 - Kapustin Yar

12 - Palmachim
13 - San Marco
14 - Baikonur
15 - Sriharikota
16 - Jiuquan

17 - Xichang
18 - Taiyuan
19 - Svobodny
20 - Kagoshima
21 - Tanegashima
22 - Woomera

