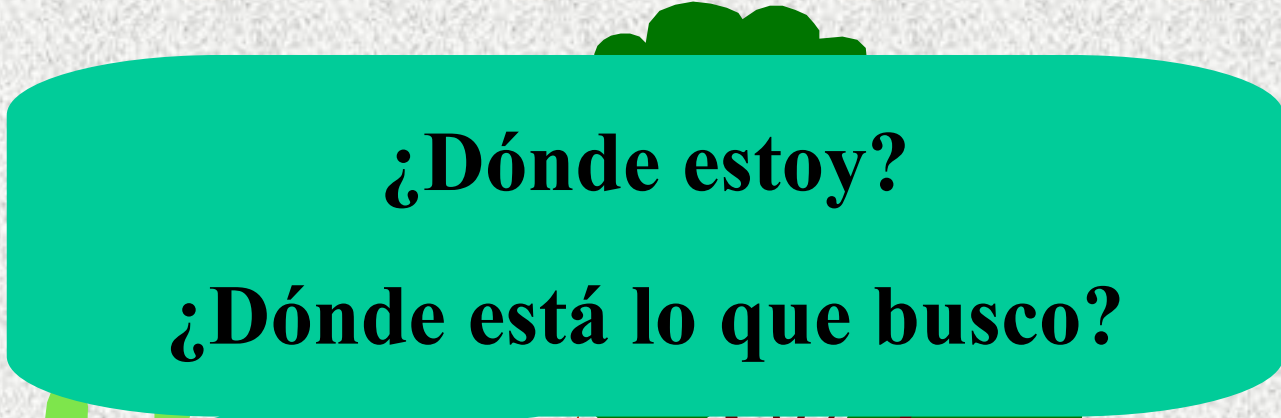
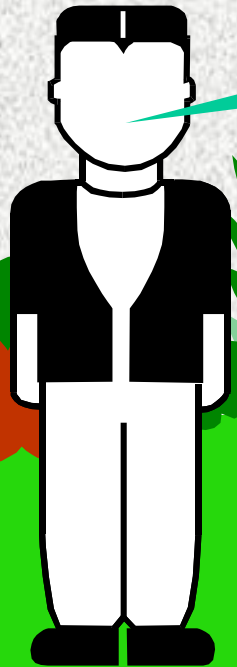


Uno de los problemas más antiguos de la humanidad: la localización

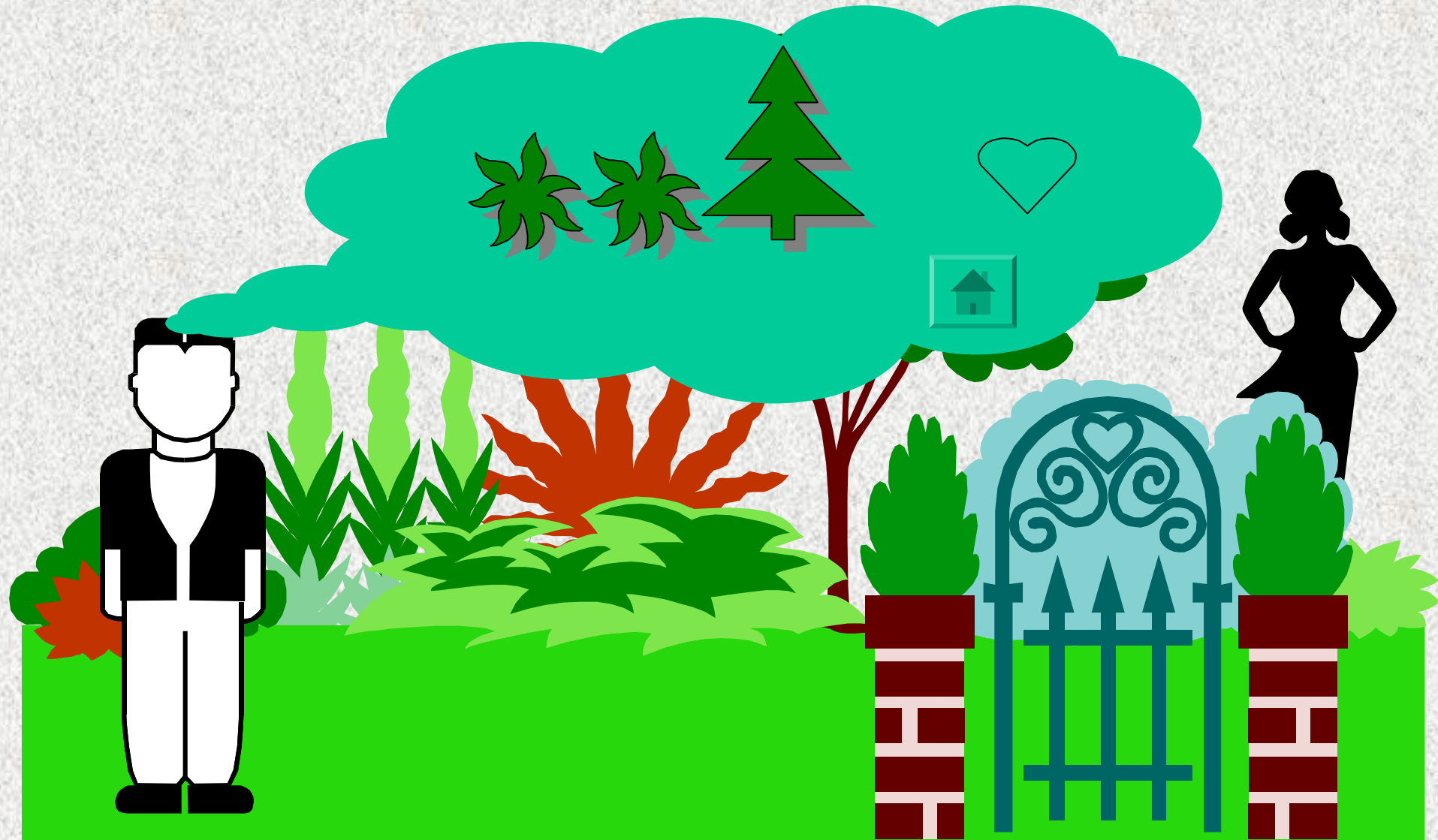


¿Dónde estoy?

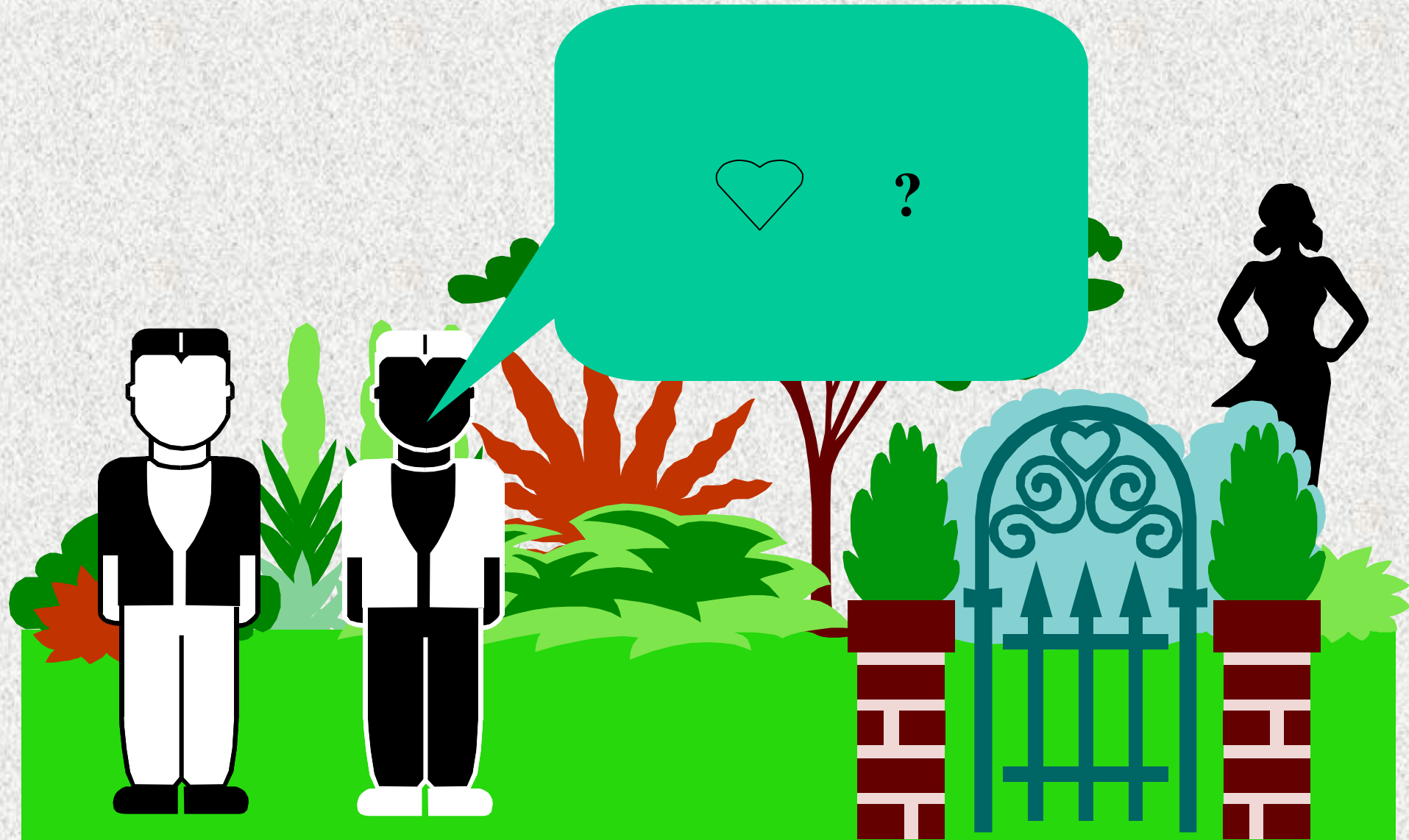
¿Dónde está lo que busco?



Solución: mapa mental

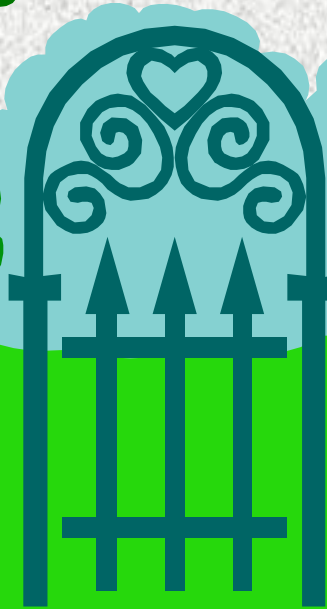
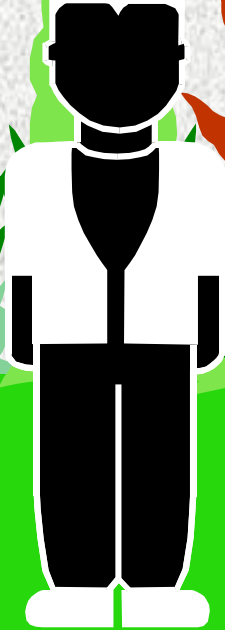
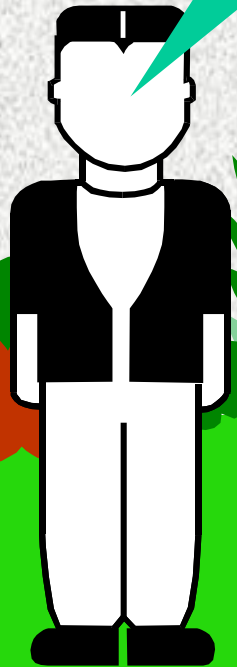


Problema: comunicar la localización



Solución: dirección y distancia

50 pasos

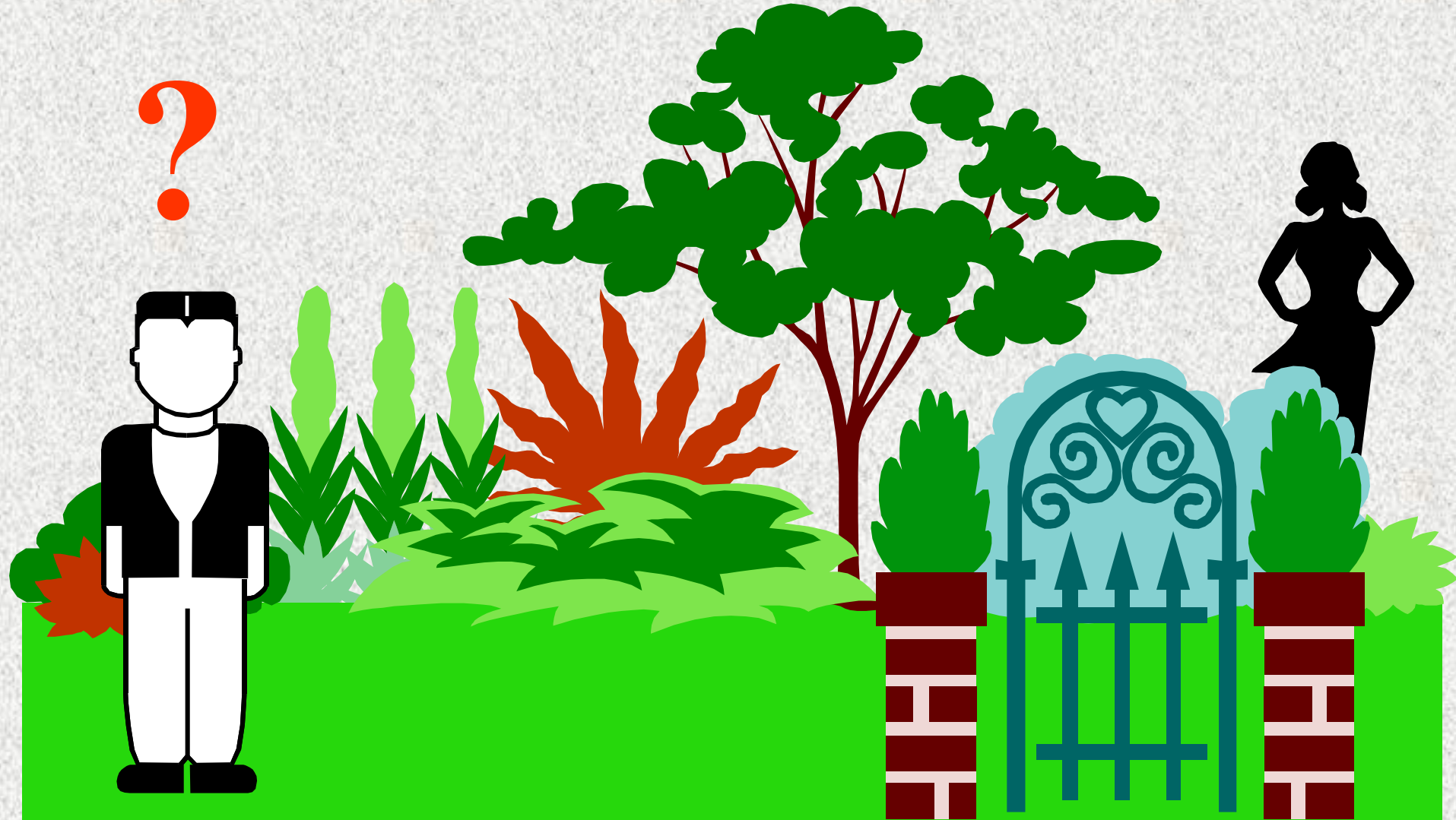


Otra solución: el mapa impreso

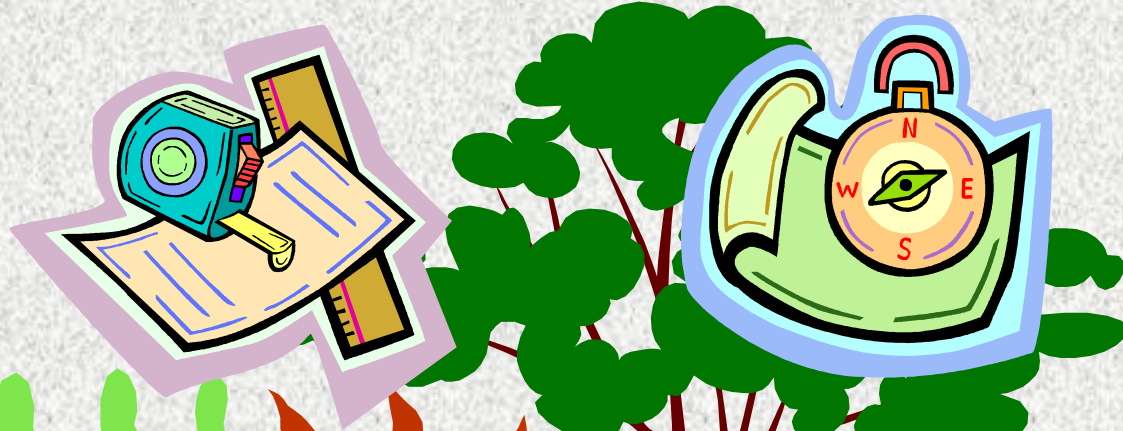
**He inventado la
cartografía**



Nuevo problema: hacer mapas



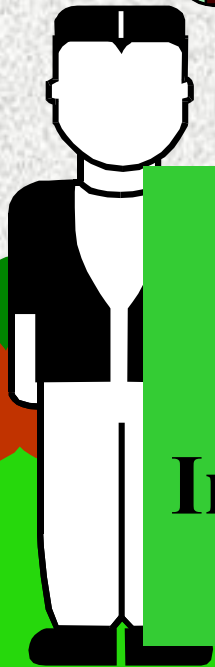
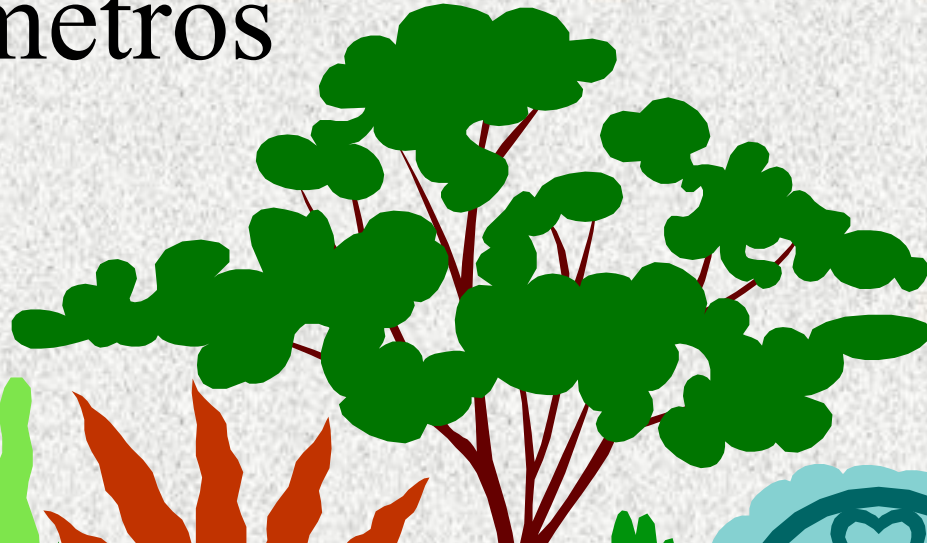
Solución 1: distancia con flexímetro y rumbo con brújula



Ventajas: precio, simplicidad

Inconvenientes: errores grandes, que se acumulan y que son difíciles de cuantificar

Solución 2: topografía clásica; distancias y direcciones con goniómetros



Ventajas: precisión, control de errores

Inconvenientes: precio, complejidad, peso, visibilidad

Solución 3: fotogrametría o teledetección aérea

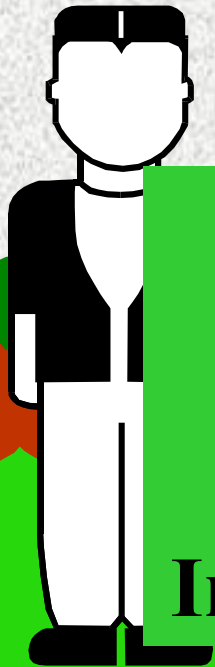
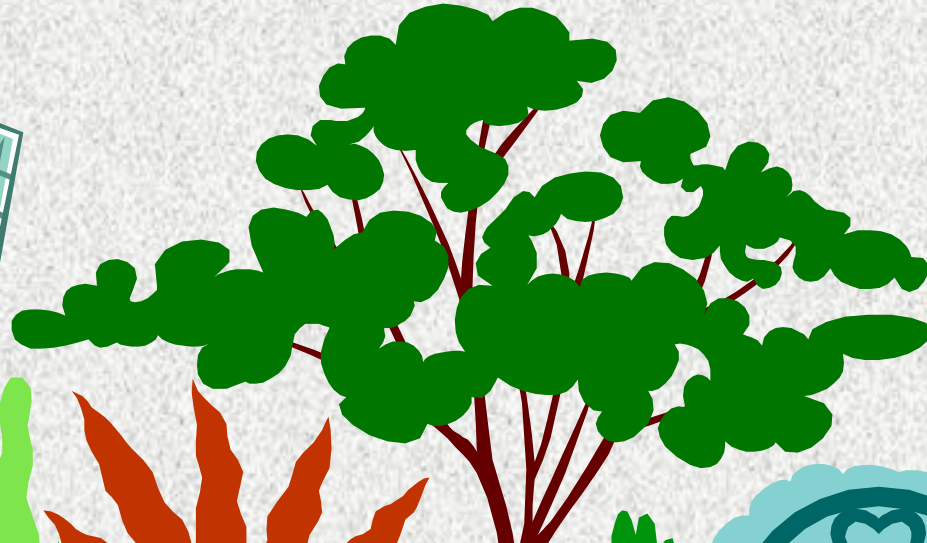
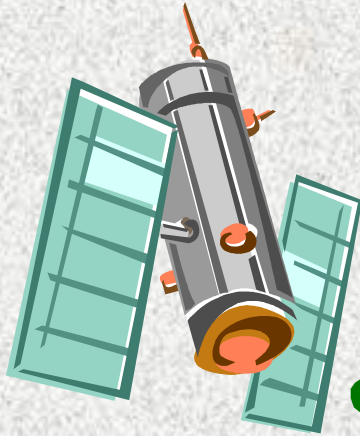


Ventajas: precisión, control de errores, rapidez, cartografías completas

Inconvenientes: precio, complejidad,



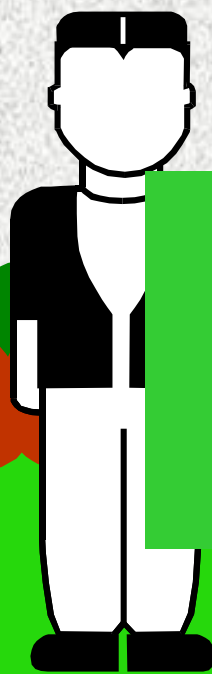
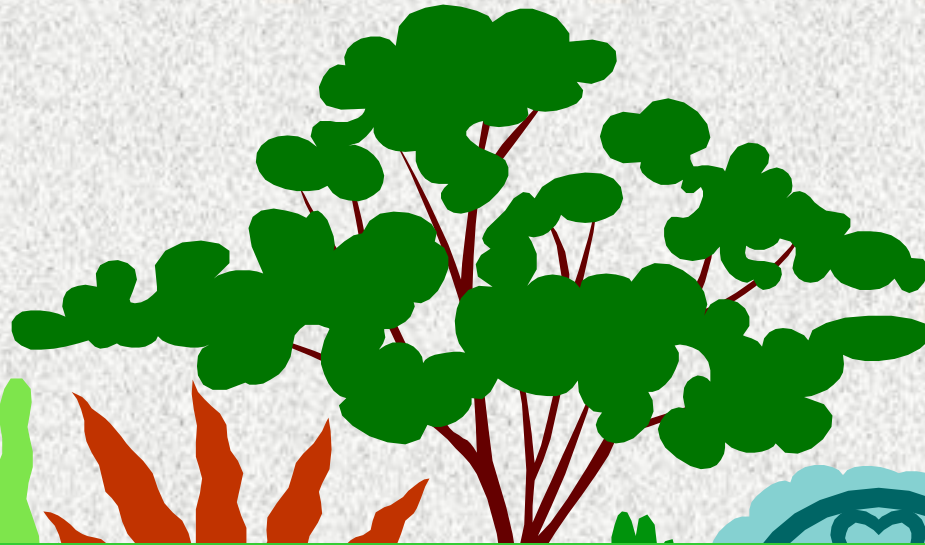
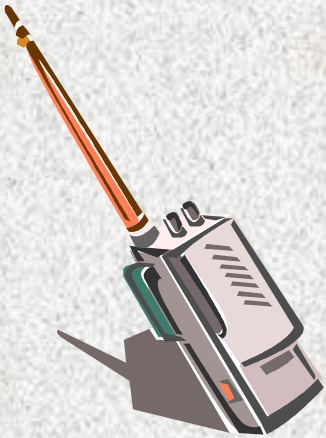
Solución 4: teledetección espacial



Ventajas: precisión, control de errores, rapidez, cartografías completas

Inconvenientes: precio, complejidad,

Solución 5: nueva topografía, GPS



Ventajas: precisión, control de errores, rapidez, sencillez

Inconvenientes: precio



Y otro problema: cada país hace su cartografía de una manera, ¿cómo armonizarlas?

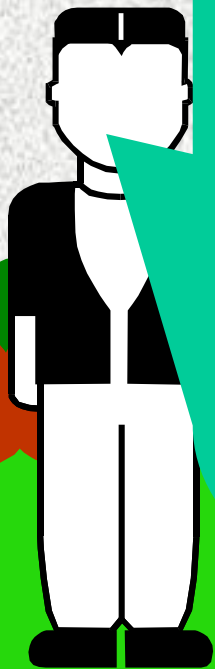


Solución: geodesia

Geoide-superficie equipotencial terrestre

Elipsoide-aproximación a la forma terrestre

Sistema de proyección-fórmulas para convertir el elipsoide en un plano





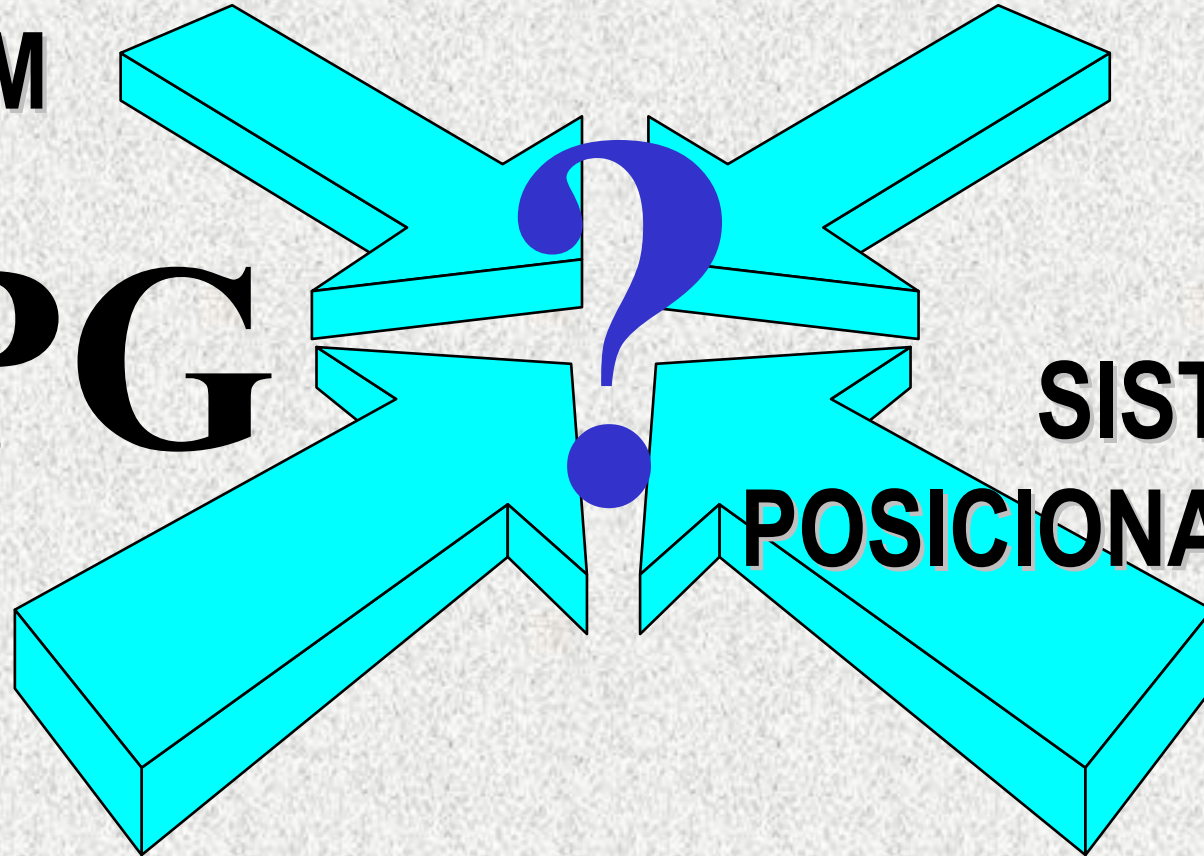
SANTIAGO MANCEBO

GPS

**GLOBAL POSITIONING
SYSTEM**

SPG

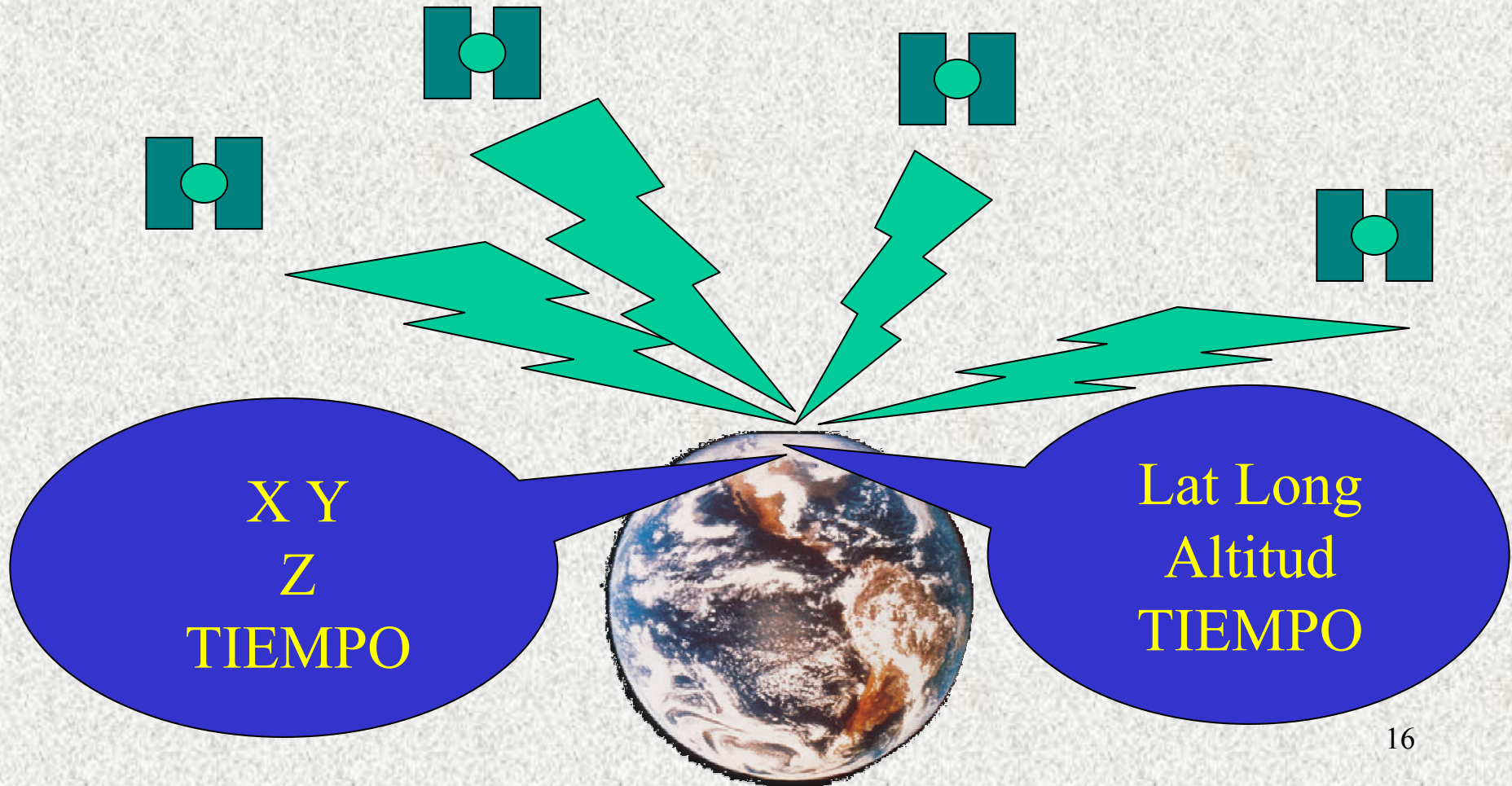
**SISTEMA DE
POSICIONAMIENTO
GLOBAL**



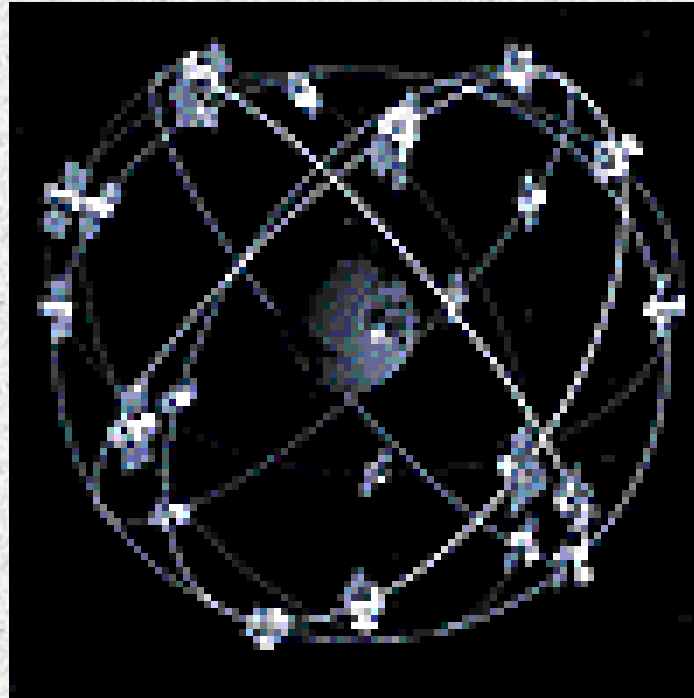
SISTEMA DE

LOCALIZACIÓN MUNDIAL

CÓMO FUNCIONA



CÓMO FUNCIONA



Segmento espacial: 24 satélites

Satélite = SV (Space Vehicle)

CÓMO FUNCIONA

Peter H. Dana 5/27/95



Global Positioning System (GPS) Master Control and Monitor Station Network

**Segmento de control: 5
estaciones monitoras**

CÓMO FUNCIONA



**Segmento de usuario:
receptor GPS**

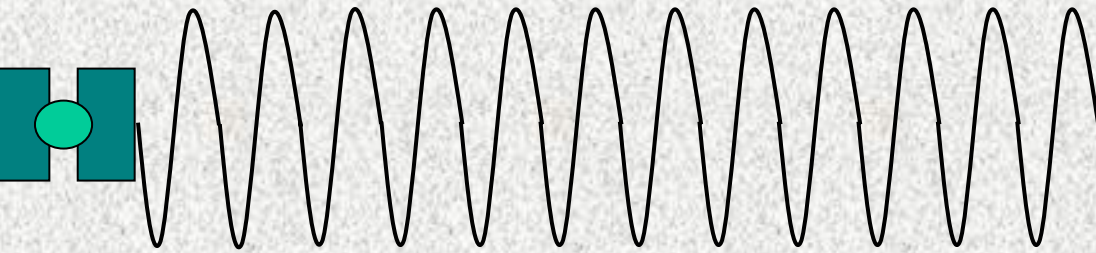
CÓMO FUNCIONA



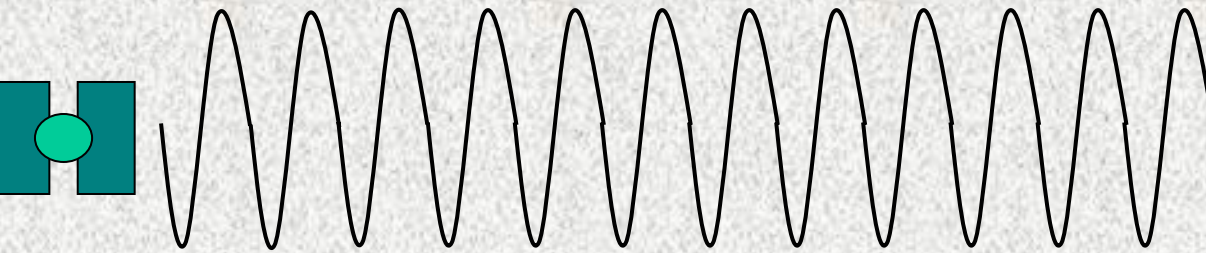
**Posición del satélite
conocida: se conoce su
órbita - almanaque**

CÓMO FUNCIONA

Los satélites emiten varias señales de radio



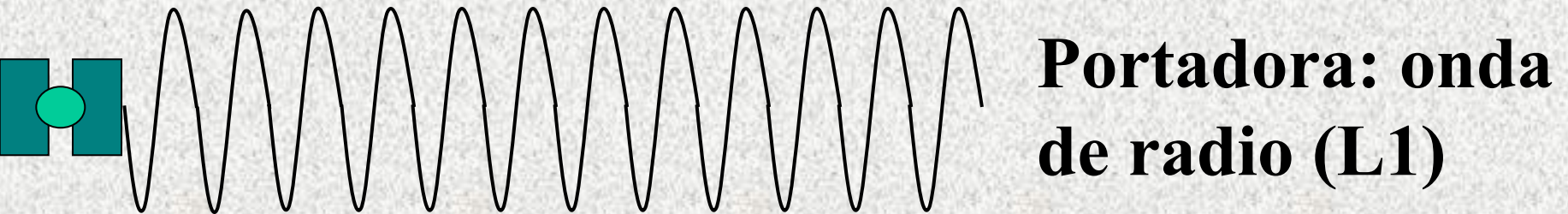
**Portadora: onda
de radio L1
1.575,45 Mhz**



**Portadora: onda
de radio L2
1.227,60 Mhz**

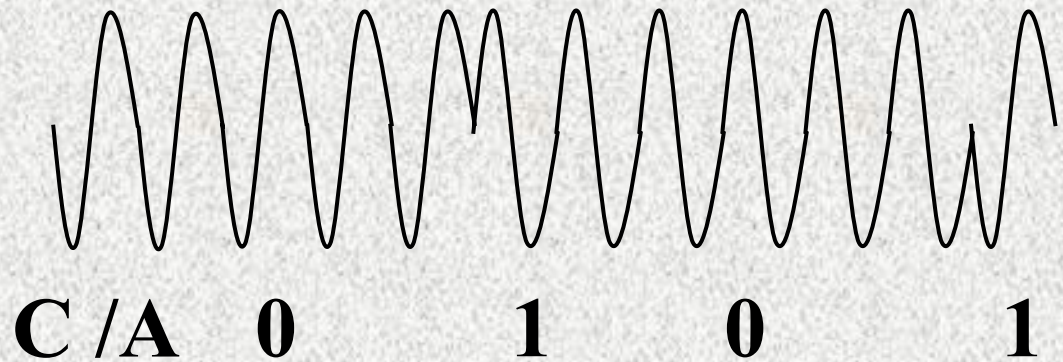
CÓMO FUNCIONA

Los SVs emiten códigos modulados



L1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Inserción
(modulación) de
código C/A
1,023 MHz



Inserción (modulación) de código P 10,23 MHz

CÓMO FUNCIONA

- ❑ **Portadora: onda de radio (L1), códigos modulados: C/A y P**
- ❑ **Portadora: onda de radio (L2), código modulado: P**
- ❑ **Código C/A: libre adquisición o civil**
- ❑ **Código P: preciso o militar – sólo receptores militares. Lo encriptan en el código Y por seguridad (Anti-Spoofing)**

CÓMO FUNCIONA

¿qué hay en el código?

10111100011001101001110001110001011110001100110100111000111000

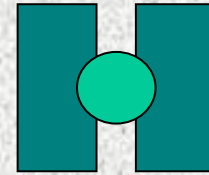


A Short Repeating PRN Code Sample

- o **PRN: Pseudo Random Noise** – serie de 0s y 1s conocida pero aleatoria \approx 🎵🎵 una canción
- o **Cada SV emite una canción distinta**

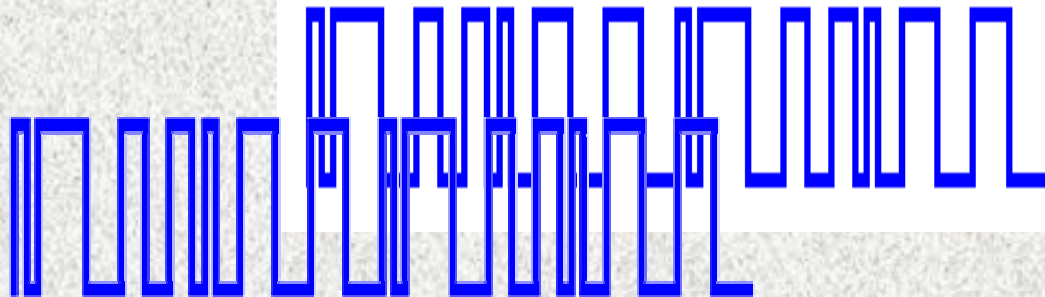
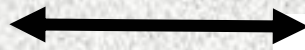
CÓMO FUNCIONA

Se reciben las señales de los SVs



¿Tiempo de viaje?

Desfase = tiempo de viaje



CÓMO FUNCIONA

Con ellas se mide la distancia a los SVs

❖ **Desfase = t**

❖ **¿Velocidad de la onda?**

❖ **C**

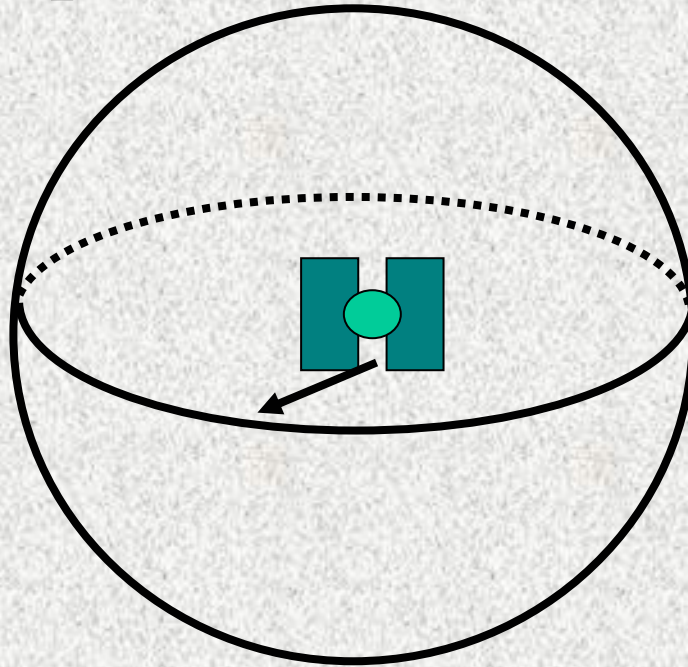
❖ **C = 300.000.000 m/s**

❖ **en el vacío**

❖ **D = v * t**

CÓMO FUNCIONA

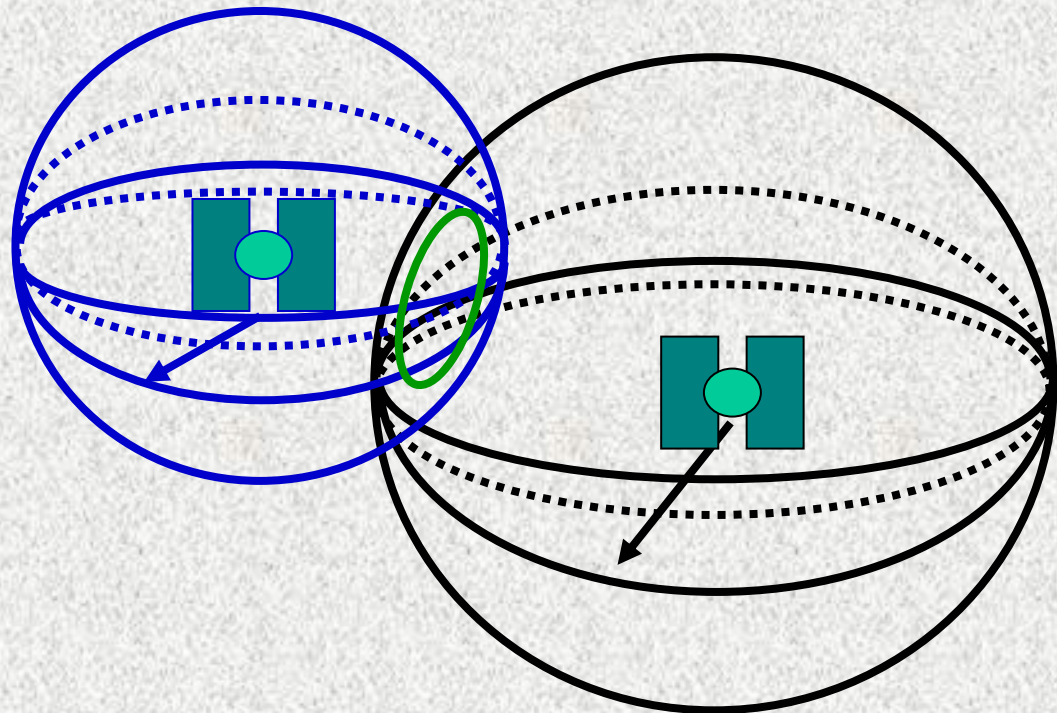
Con la distancia a 1 SV, ya sabemos algo sobre nuestra posición



Estamos en la superficie de esta esfera

CÓMO FUNCIONA

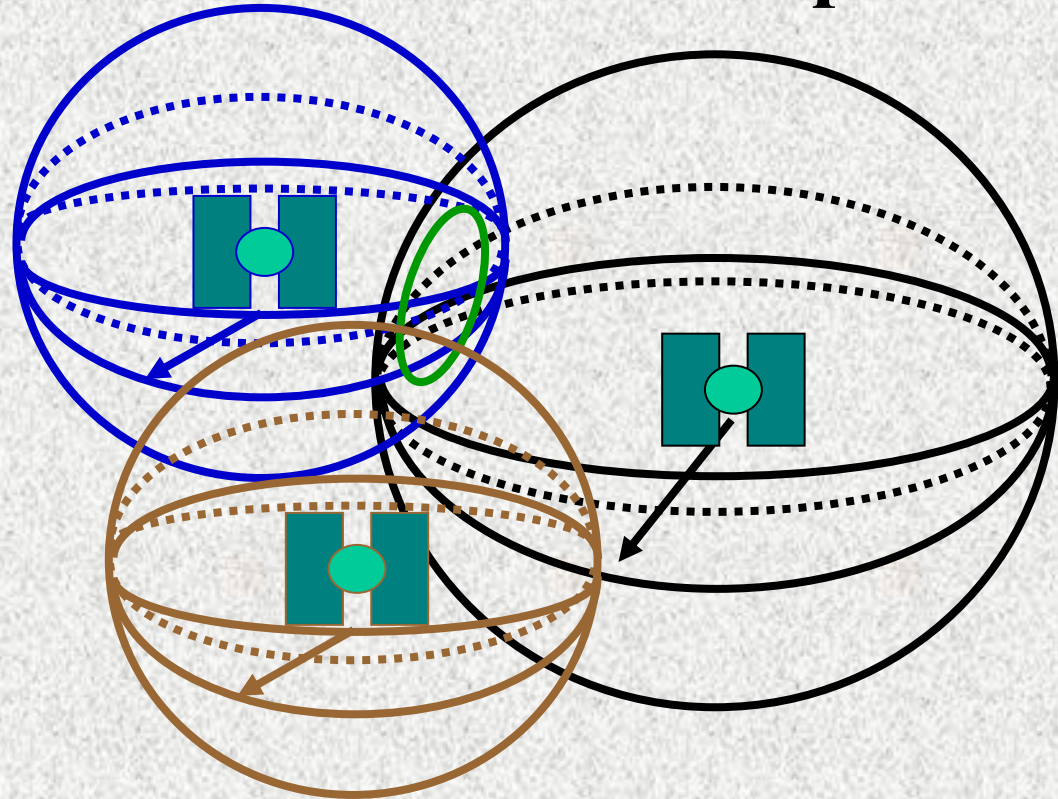
Con 2 SVs, ya sabemos algo más sobre nuestra posición



Estamos en una circunferencia

CÓMO FUNCIONA

Con 3 SVs, ya casi conocemos nuestra posición



Haciendo un pequeño zoom...

CÓMO FUNCIONA

Con 3 SVs, ya casi conocemos nuestra posición

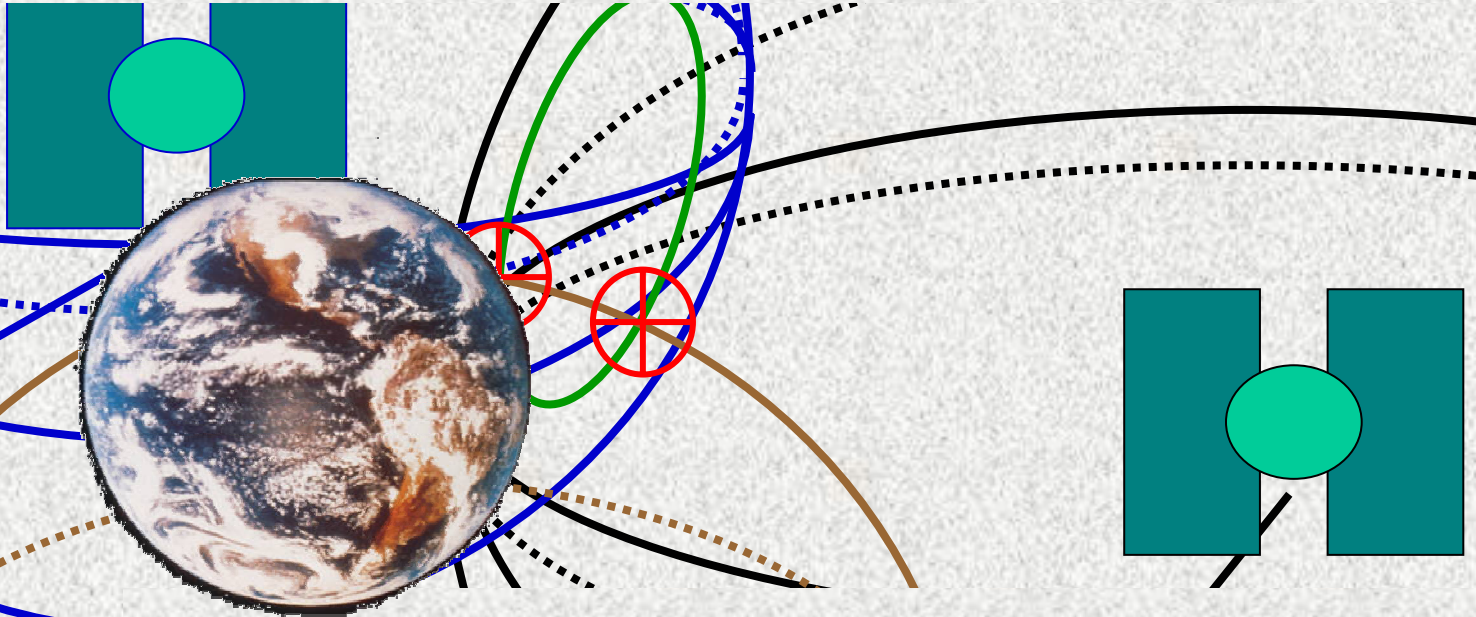


Estamos en uno de dos puntos



CÓMO FUNCIONA

Con nuestra inteligencia, ya conocemos nuestra posición



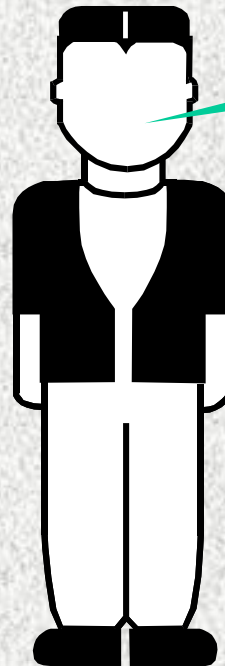
Como estamos cerca de la superficie de la tierra, uno de los puntos es el válido

CÓMO FUNCIONA

Entonces, ¿para qué cuatro satélites?



**Para sincronizar el
reloj del receptor
con el de los SVs**

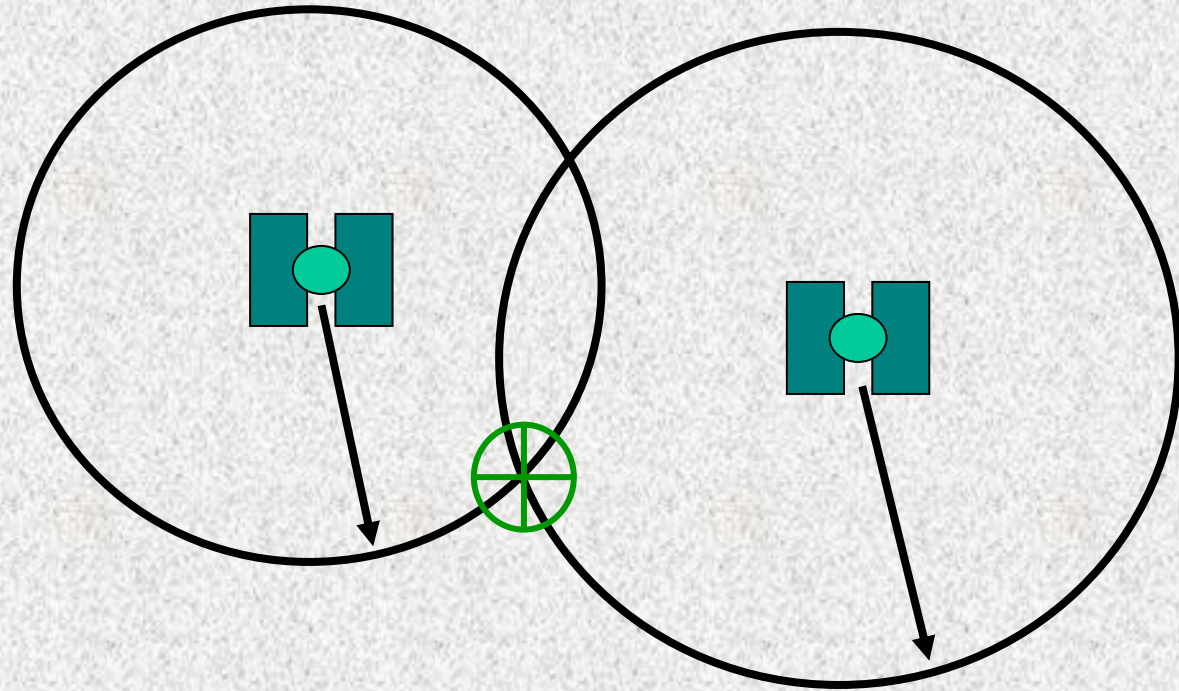


CÓMO FUNCIONA

- **la onda viaja a la velocidad c (300.000.000 m/s)**
- **El receptor lleva un reloj de cuarzo con precisión 10^{-6} s**
- **Eso supone un error $D = \text{error } T * c =$**
- **$10^{-6} * 300.000.000 = 300$ metros**
- **Los SVs llevan relojes atómicos**
 - **Los más antiguos (bloque I), de rubidio, 10^{-12} s**
 - **Los siguientes (bloque II), de cesio, 10^{-13} s**
 - **Y los más modernos (bloque IIr), de hidrógeno, 10^{-14} s**

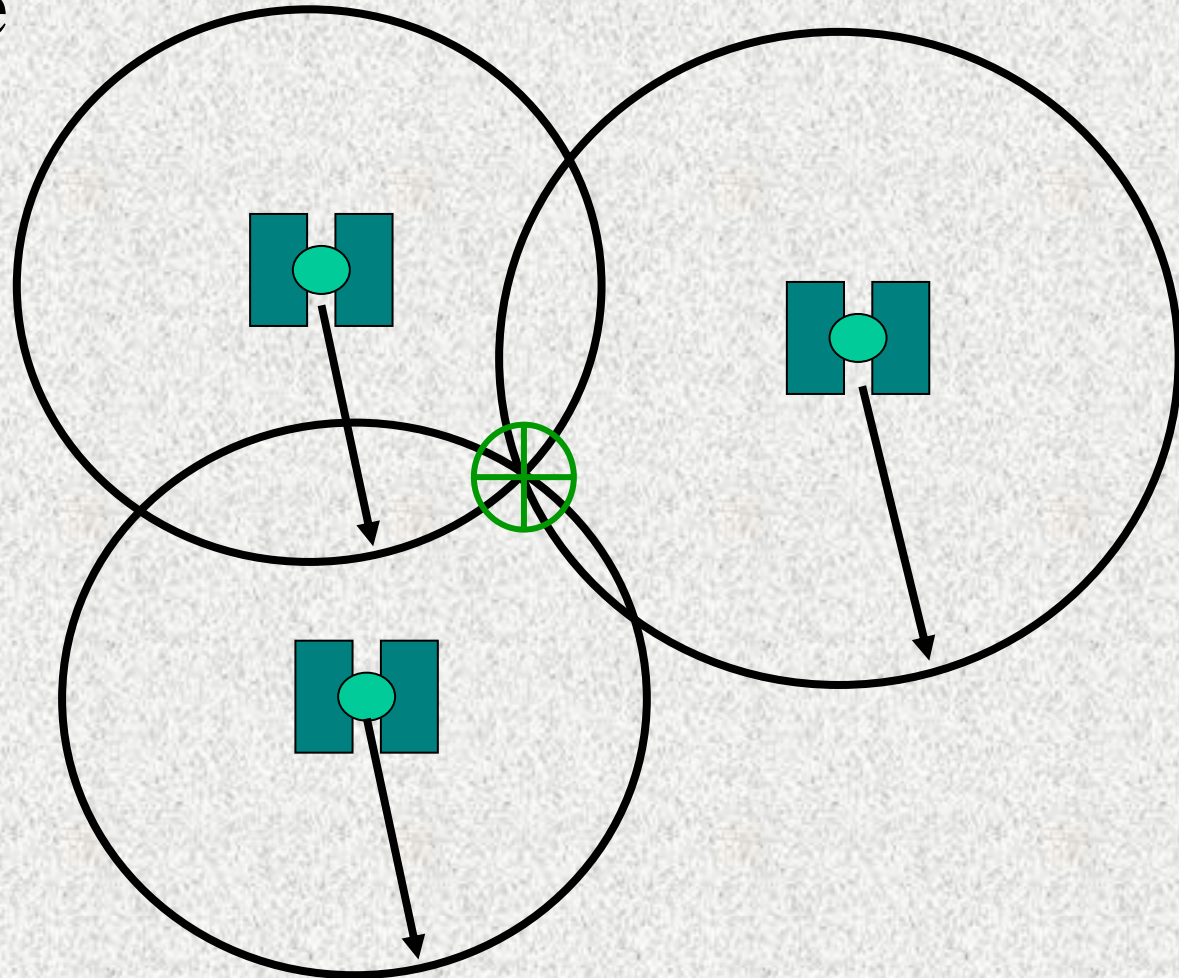
CÓMO FUNCIONA

En 2D, con dos SVs y un receptor preciso



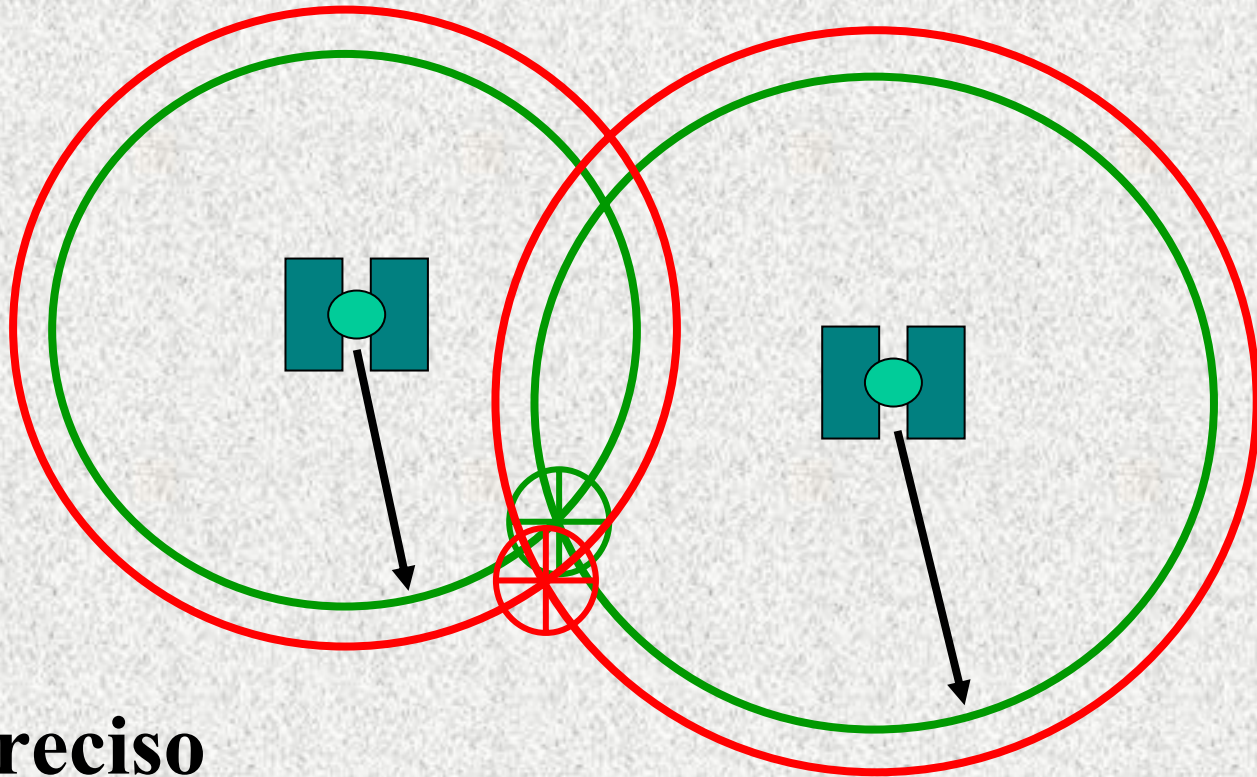
CÓMO FUNCIONA

En 2D, con un receptor preciso, un 3er SV es redundante



CÓMO FUNCIONA

En 2D, con 2 SVs y un receptor impreciso (real)

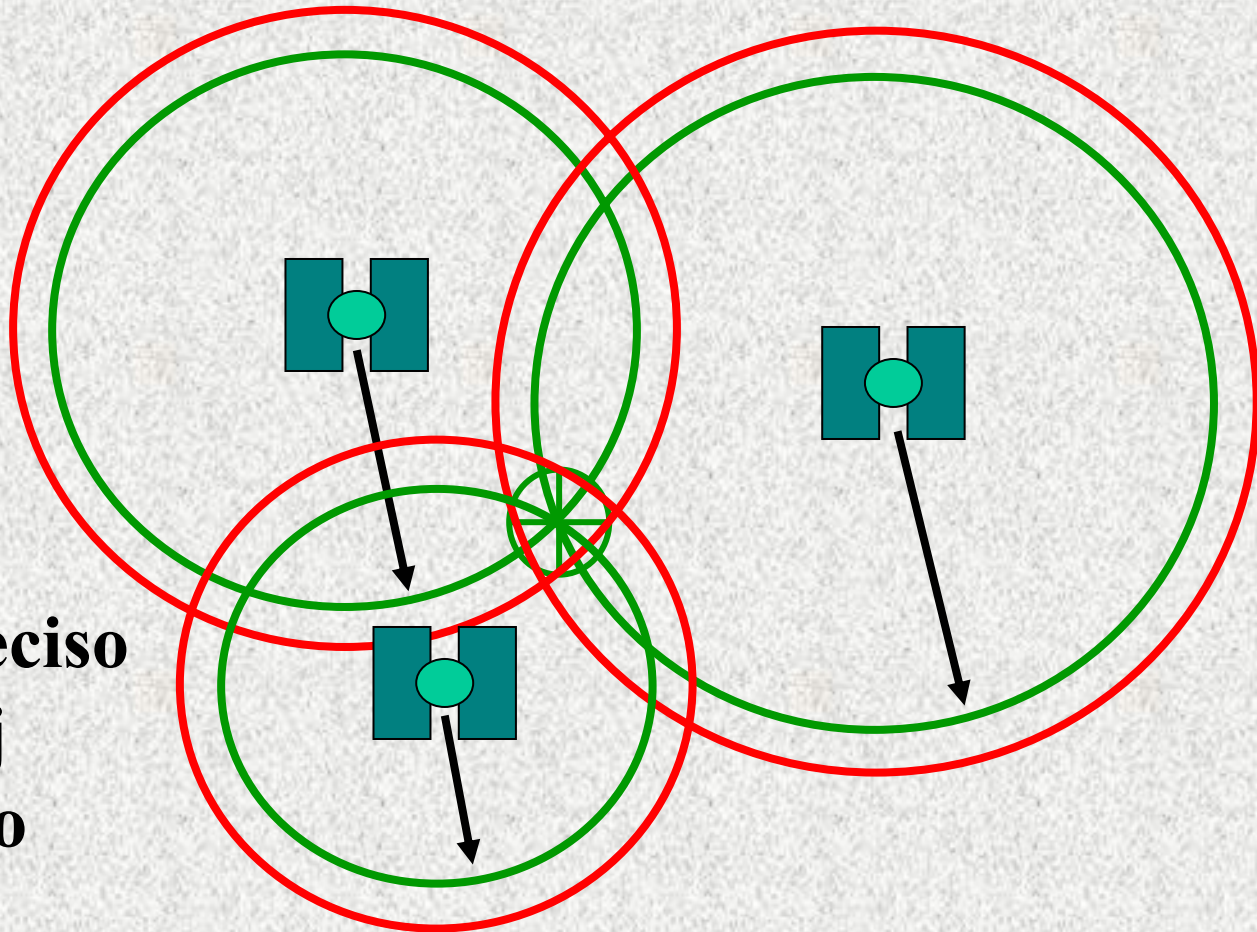


Rojo: impreciso

Verde: preciso

CÓMO FUNCIONA

En 2D, con 3 SVs y un receptor impreciso (real)



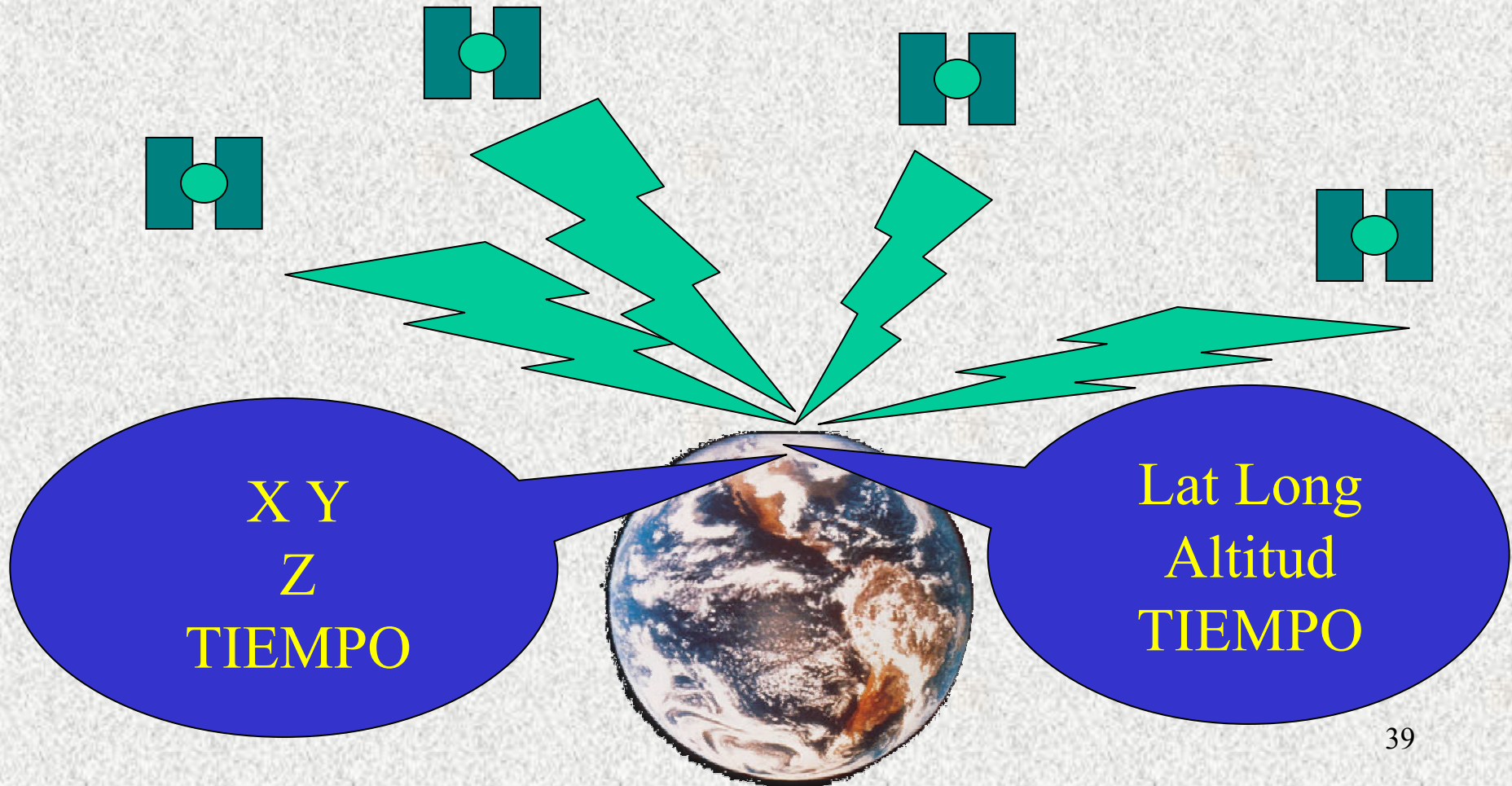
Rojo: impreciso
Verde: reloj sincronizado

No se intersectan. Se corrige el reloj del receptor hasta que se intersectan. Reloj sincronizado.

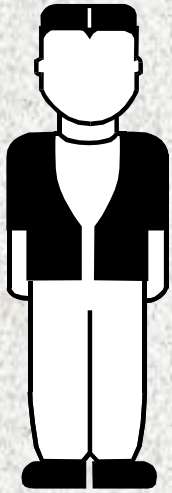
CÓMO FUNCIONA

Y en 3D, lo mismo, pero con 4 SVs y echándole mucha imaginación...

CÓMO FUNCIONA

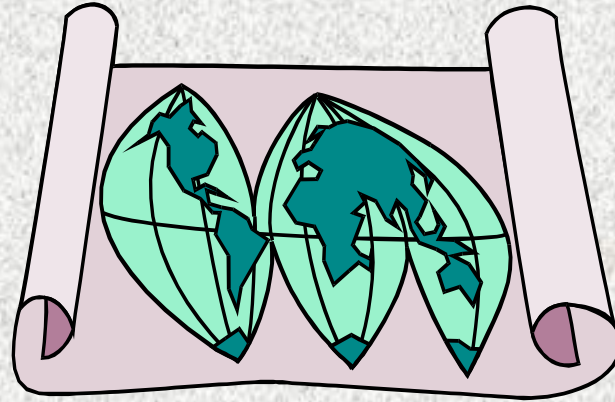


QUÉ NOS OFRECE



X,Y / Lat, Long

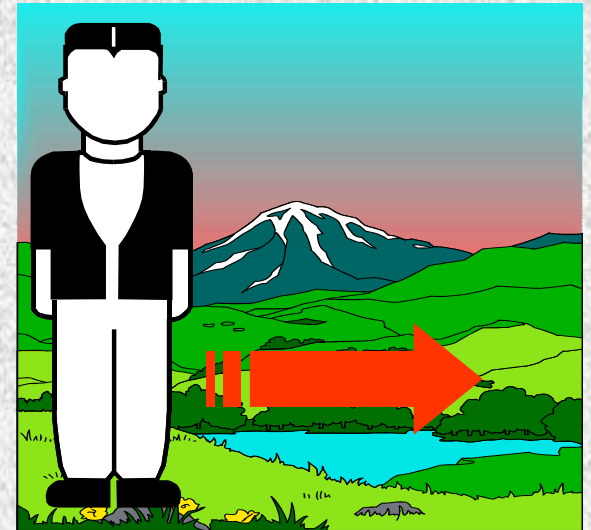
Altitud



X,Y / Lat, Long

Altitud

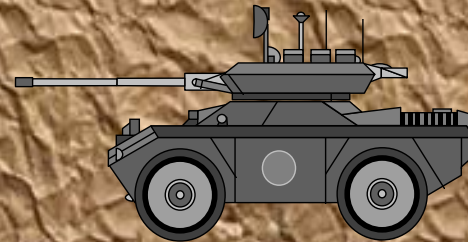
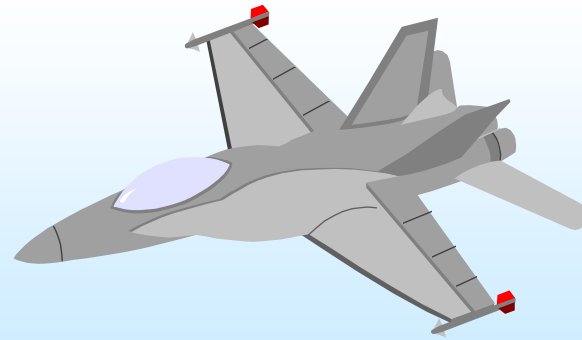
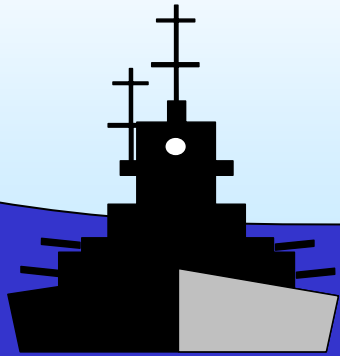
Atributos



Navegación

PARA QUÉ SIRVE

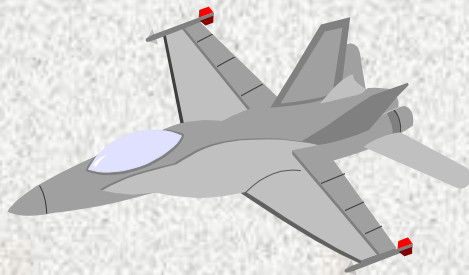
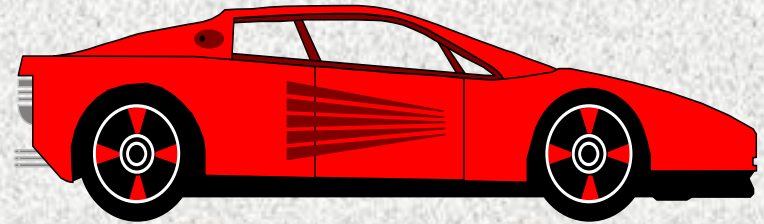
Uso militar



PARA QUÉ SIRVE

Navegación

Navegación terrestre



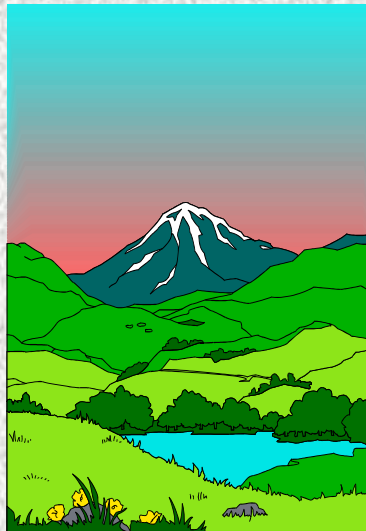
Navegación aérea

Navegación marítima

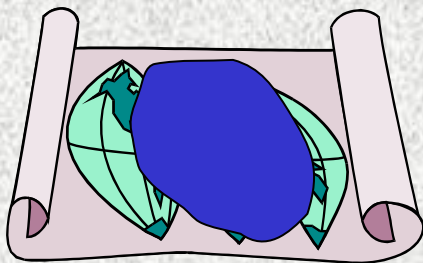
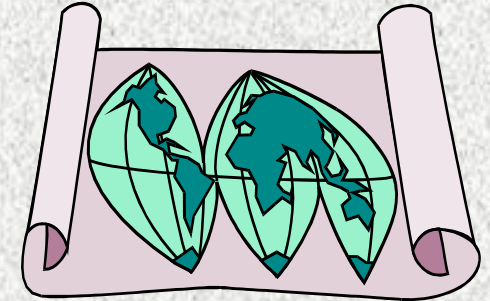


PARA QUÉ SIRVE

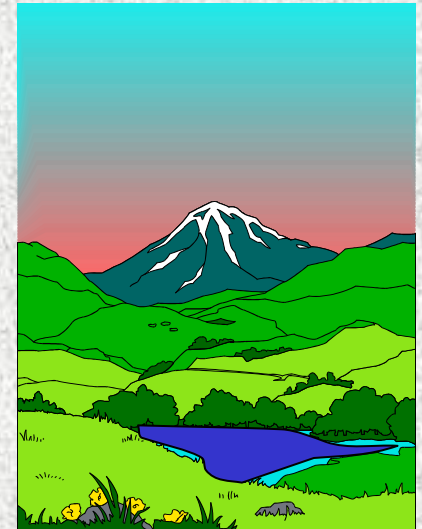
Topografía



LEVANTAMIENTOS



REPLANTEOS



PARÁMETROS

SV

PDOP

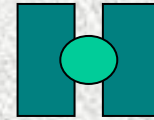
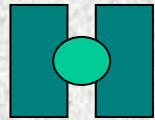
ELEVACIÓN

SNR

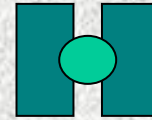


PARÁMETROS

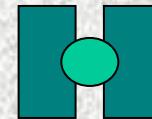
SV



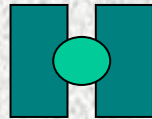
PDOP



ELEVACIÓN

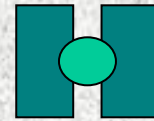


SNR

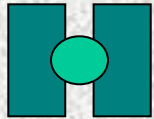
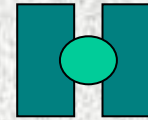
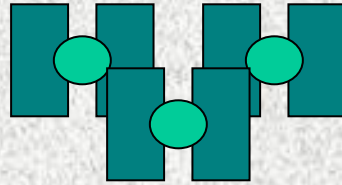


PARÁMETROS

SV



PDOP



ELEVACIÓN

SNR

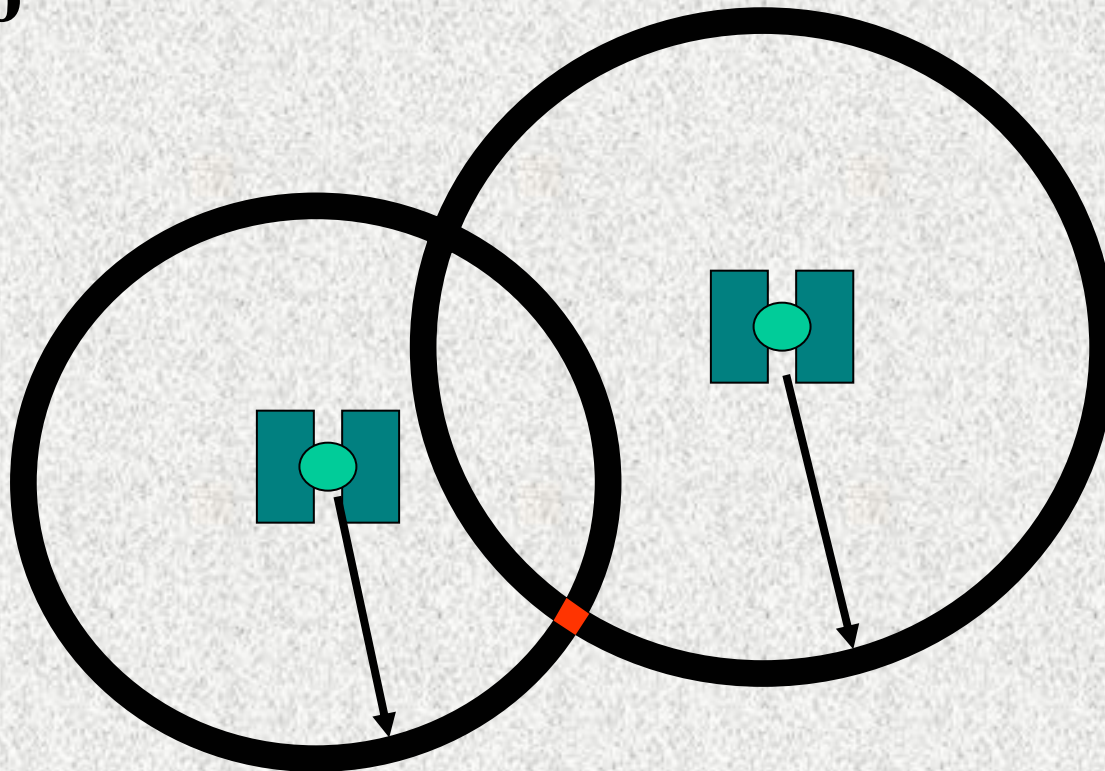
Mala
>8

Muy Buena
<4



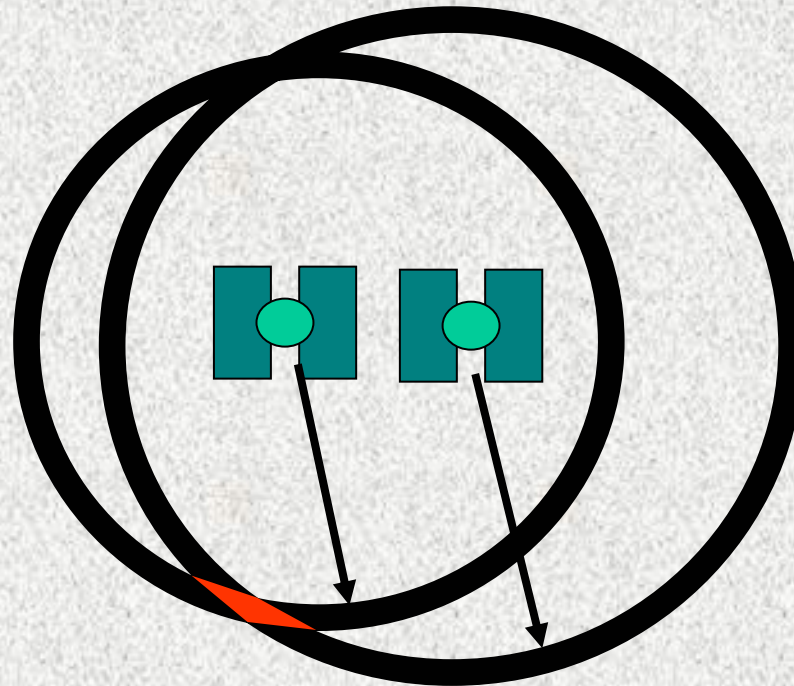
PARÁMETROS

SVs separados, PDOP buena, rombo de error pequeño



PARÁMETROS

SVs cercanos, PDOP mala, rombo de error grande



PARÁMETROS

- **DOP: dilution of precision – dilución de la precisión**
- **HDOP: horizontal dilution of precision: planimetría, X e Y**
- **VDOP: vertical dilution of precision: altimetría, Z**
- **PDOP: position dilution of precision: planimetría y altimetría, X, Y y Z**
- **TDOP: time dilution of precision: tiempo, T**
- **GDOP: global dilution of precision: planimetría, altimetría y tiempo, X, Y, Z y T**



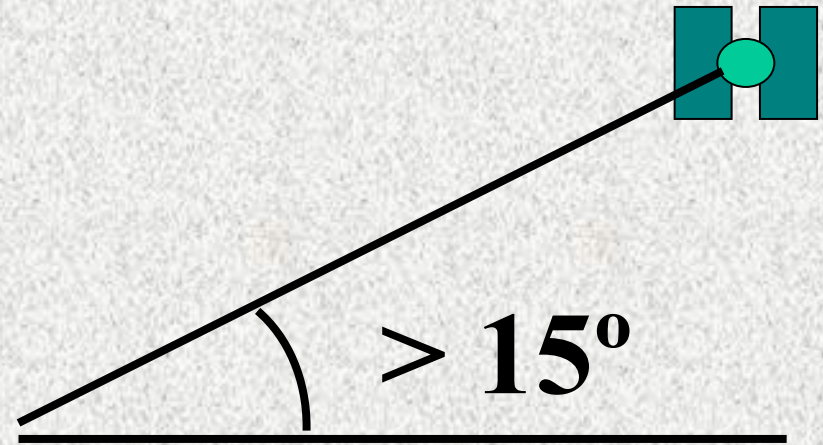
PARÁMETROS

SV

PDOP

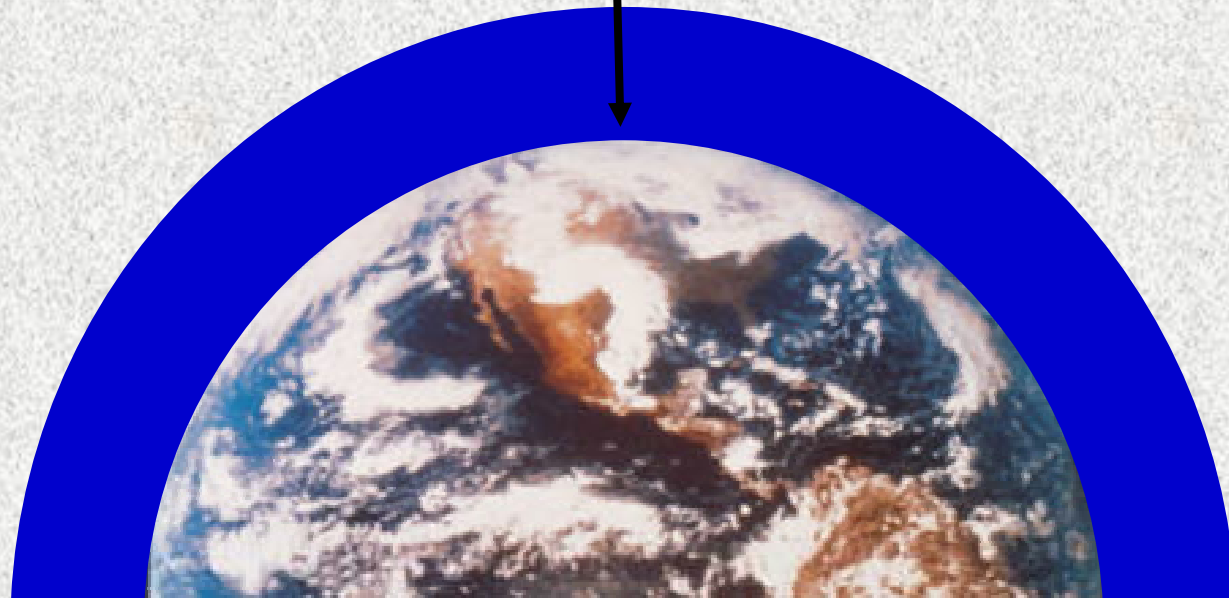
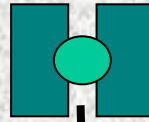
ELEVACIÓN 

SNR



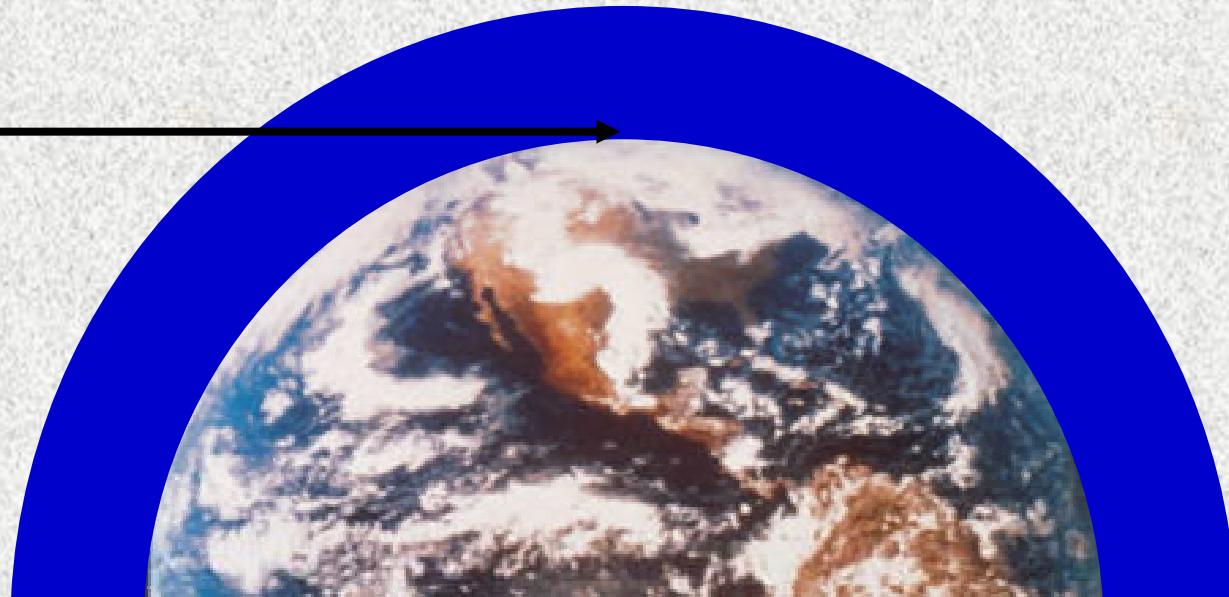
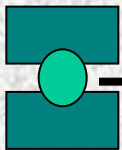
PARÁMETROS

SV en el cenit, atraviesa poca atmósfera



PARÁMETROS

SV en el horizonte, atraviesa mucha atmósfera



PARÁMETROS

SV	Fuerza de	
PDOP	la señal	
ELEVACIÓN	Mala	Muy buena
SNR (Signal to Noise Ratio)	<5	>6




ESQUEMA DE TRABAJO

Preliminares

- ☞ Reconocimiento de campo
- ☞ Diccionario de datos (levantamiento)
- ☞ Puntos de paso (replanteo)
- ☞ Transferencia del ordenador al receptor
- ☞ Planificación: elevación - SV - PDOP

ESQUEMA DE TRABAJO

Toma de datos

- ➔ Configuración del receptor 
- ➔ Captura de posiciones (levantamiento)
- ➔ Indicación de posición (replanteo)
- ➔ Navegación (replanteo)

ESQUEMA DE TRABAJO

Gabinete o postproceso

- ➡ Transferencia del receptor al ordenador
- ➡ Obtención de datos base
- ➡ Corrección diferencial
- ➡ Exportación a un SIG

CONFIGURACIÓN

Levantamientos

MÁSCARA PDOP

MÁSCARA DE ELEVACIÓN

MÁSCARA SNR

INTERVALOS DE CAPTURA

PROYECCIÓN
ELIPSOIDE
DATUM

Replanteos



Fuentes

- Referencia básica
- Dibujos propios basados en el manual antes citado
- Fotos de Mancebo, S.



SANTIAGO MANCEBO

TELEDETECCIÓN



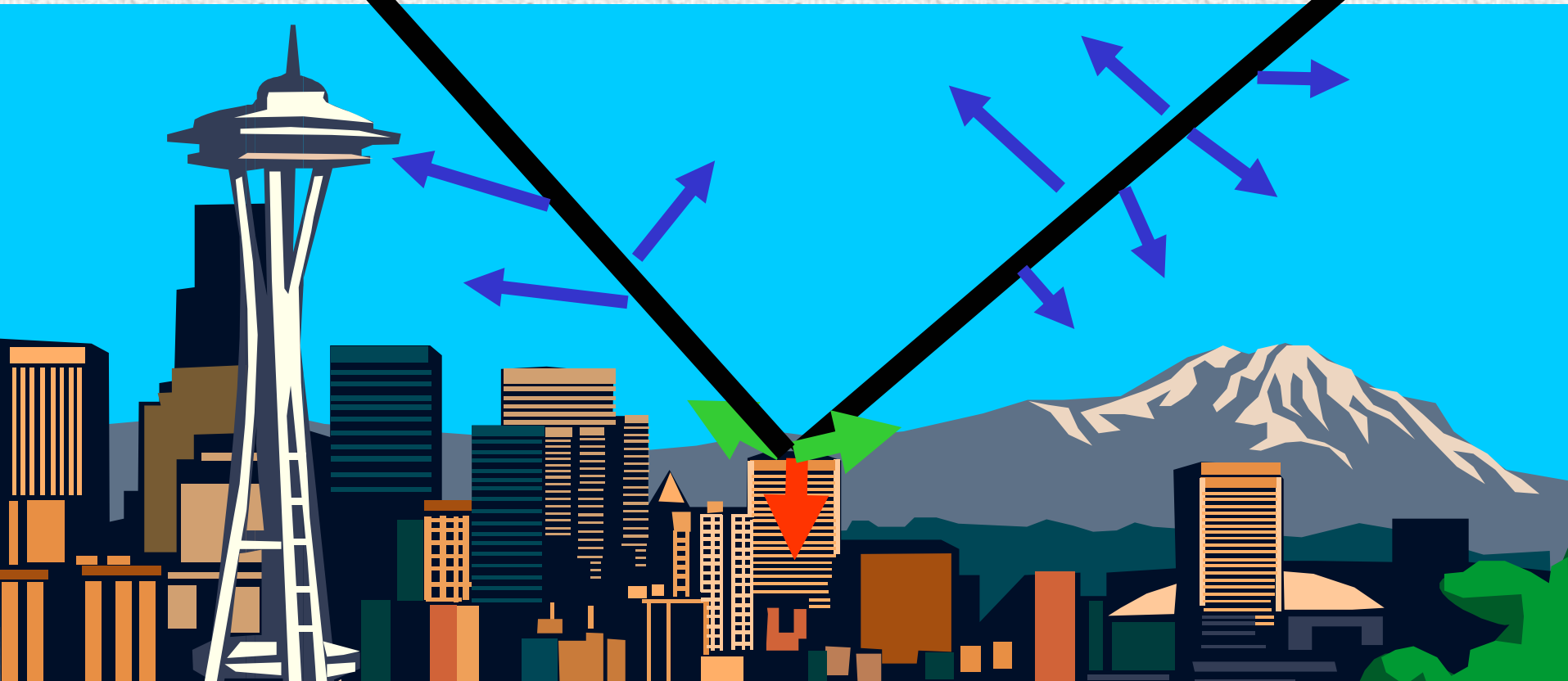
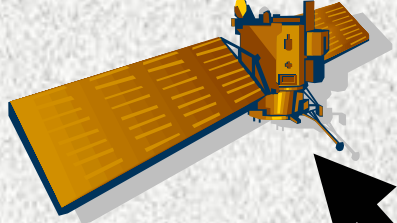
Espacial



Aérea

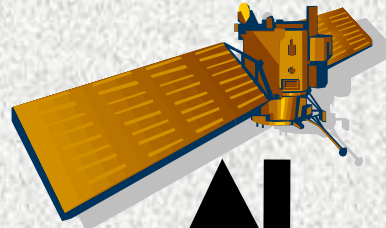
REMOTE SENSING

Procesos físicos



Sensores pasivos

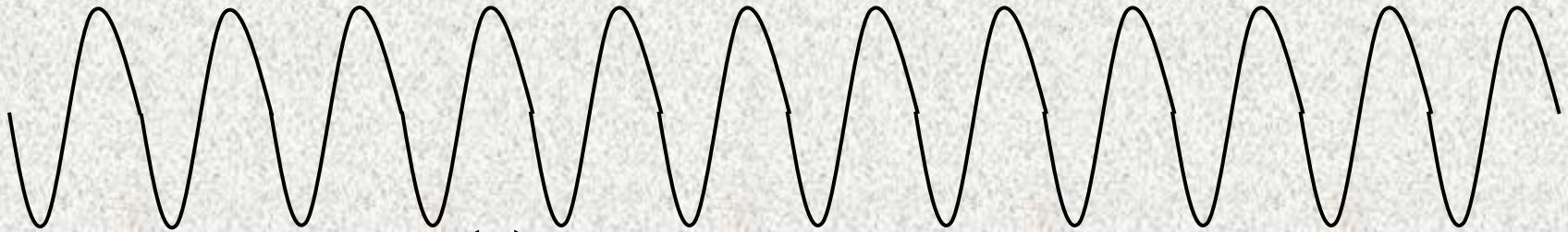
Procesos físicos



Sensores activos: radar y lidar

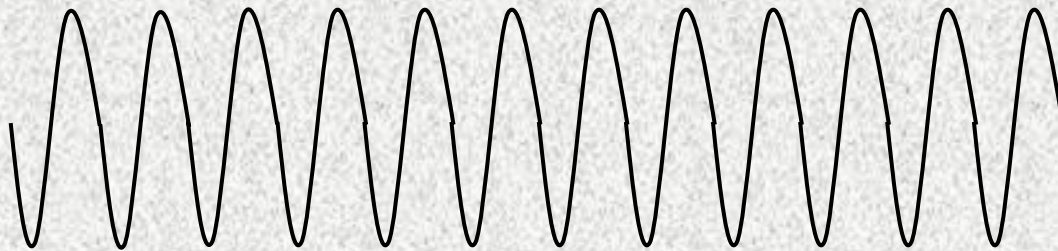
Procesos físicos: ondas

Velocidad: c (300.000.000 m/s en el vacío)



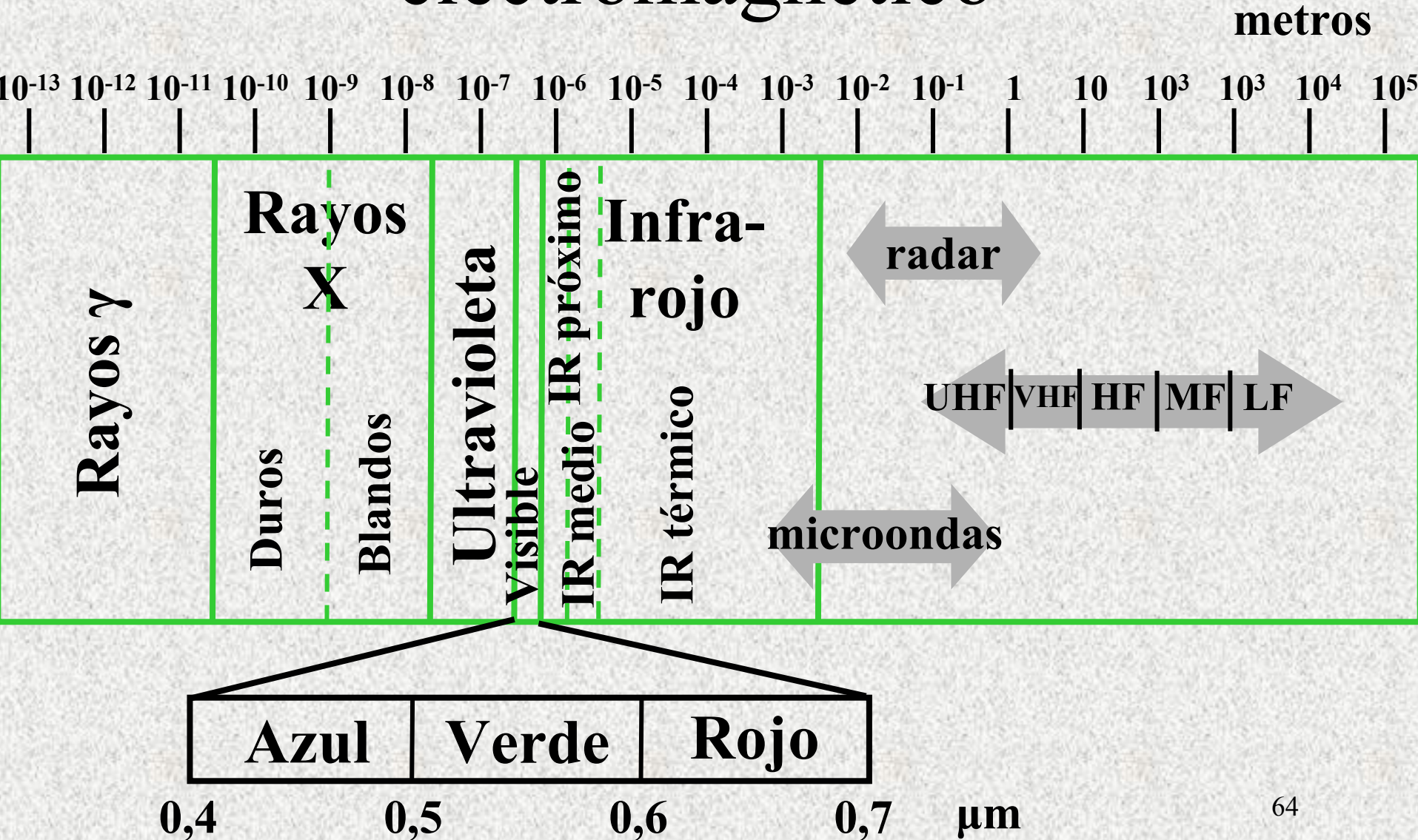
Longitud de onda: λ

Frecuencia: $\nu = c / \lambda$



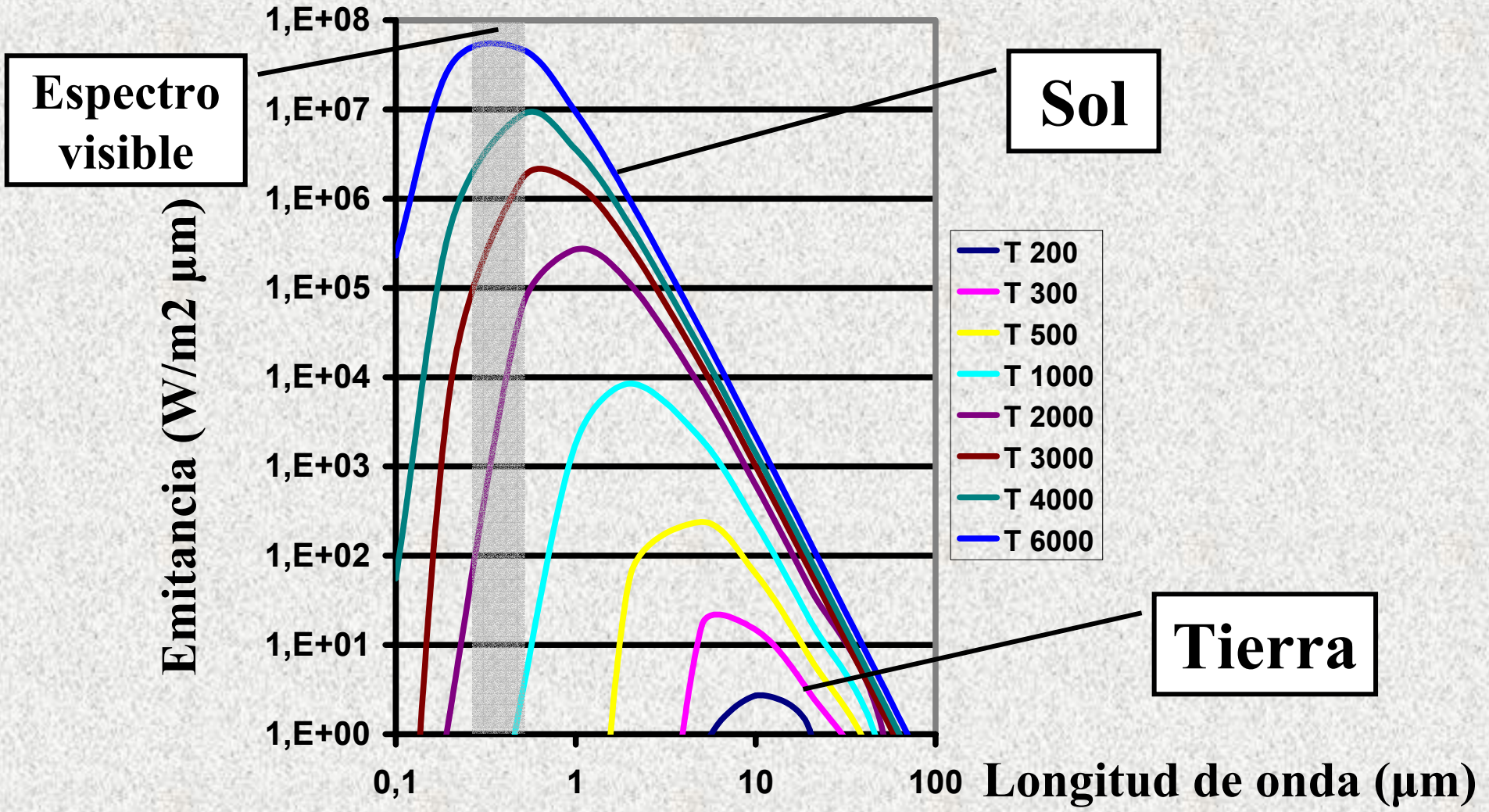
Mayor ν , menor λ , más energía: $E=h \nu$

Procesos físicos:espectro electromagnético



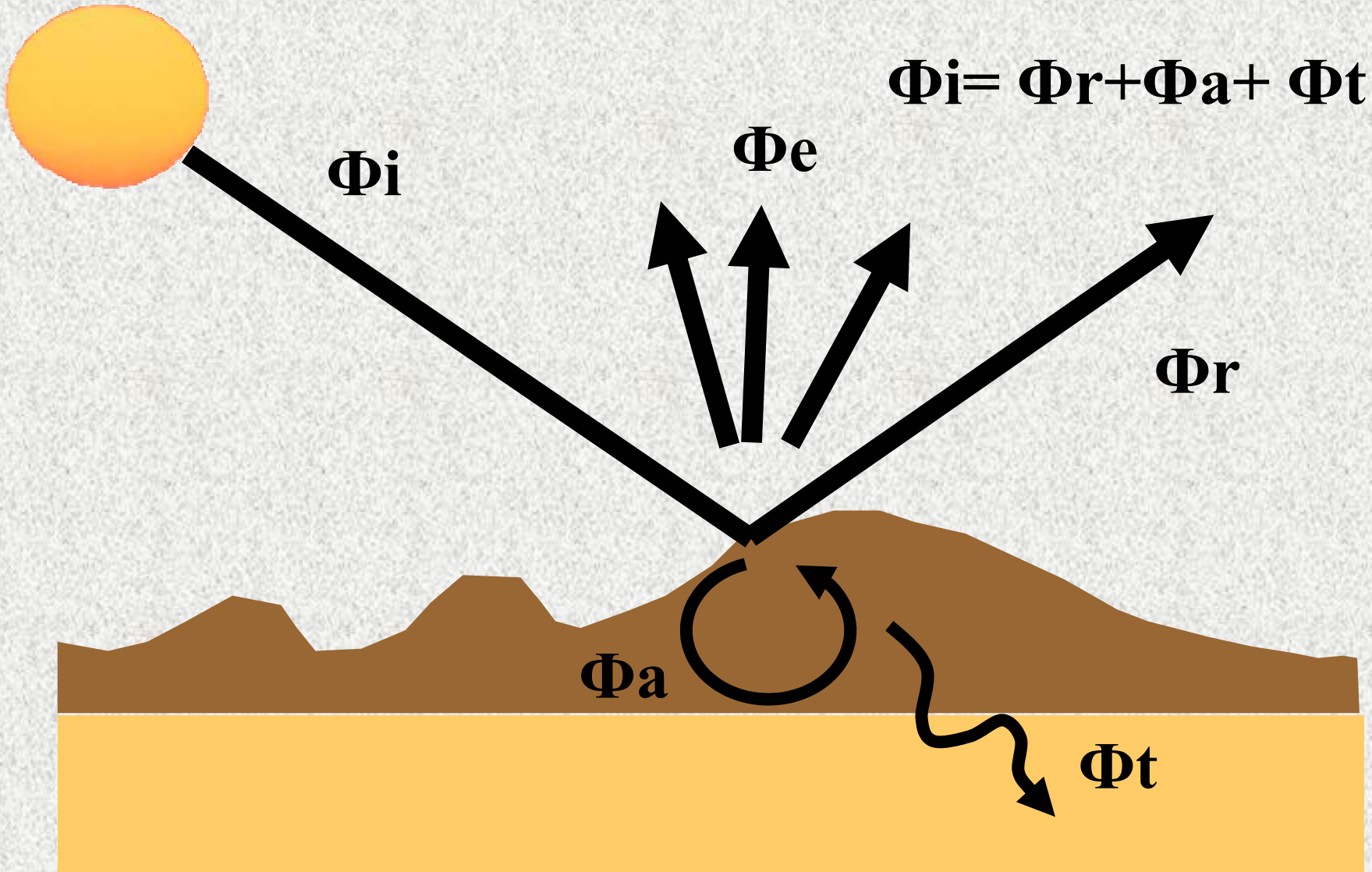
El cuerpo negro

La materia, por encima del cero absoluto, emite energía



Gráficas de emisión en función de la temperatura⁶⁵

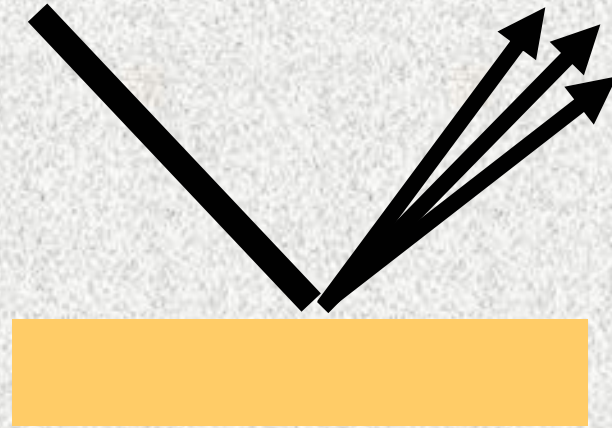
Interacción de la radiación con la materia



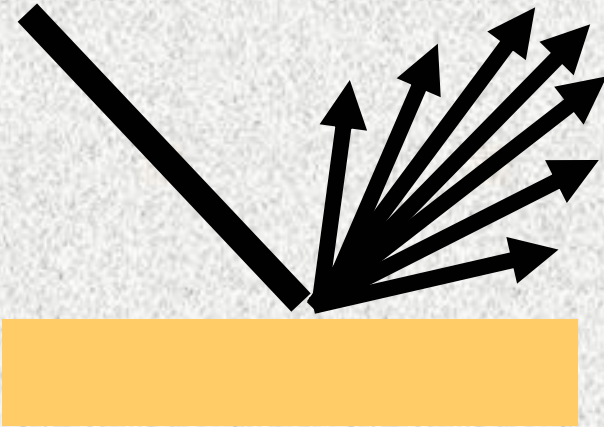
Tipos de reflexión



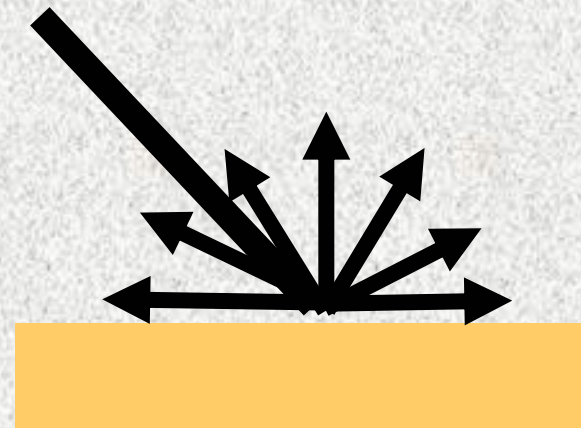
especular



seudoespecular

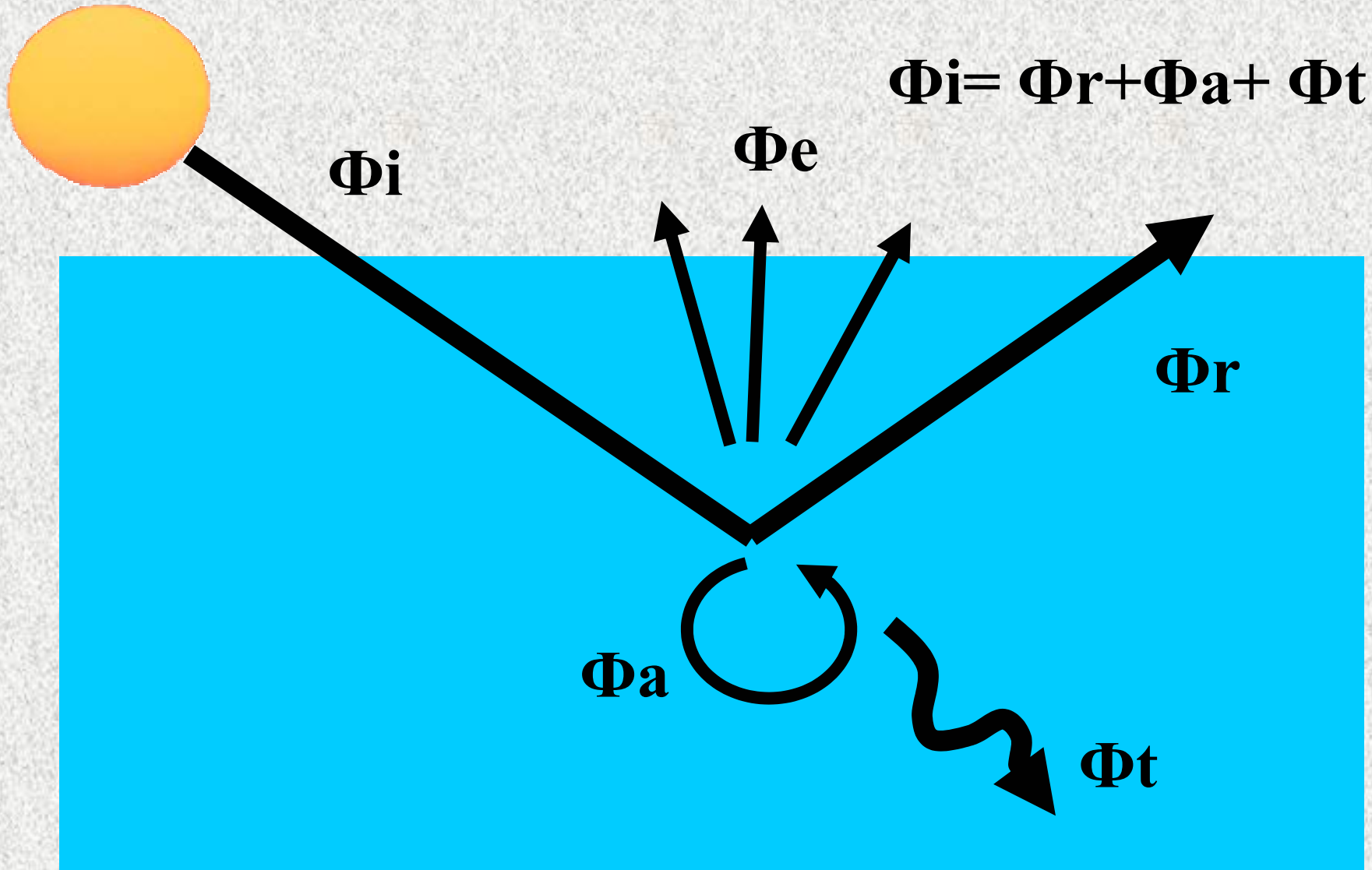


difusa

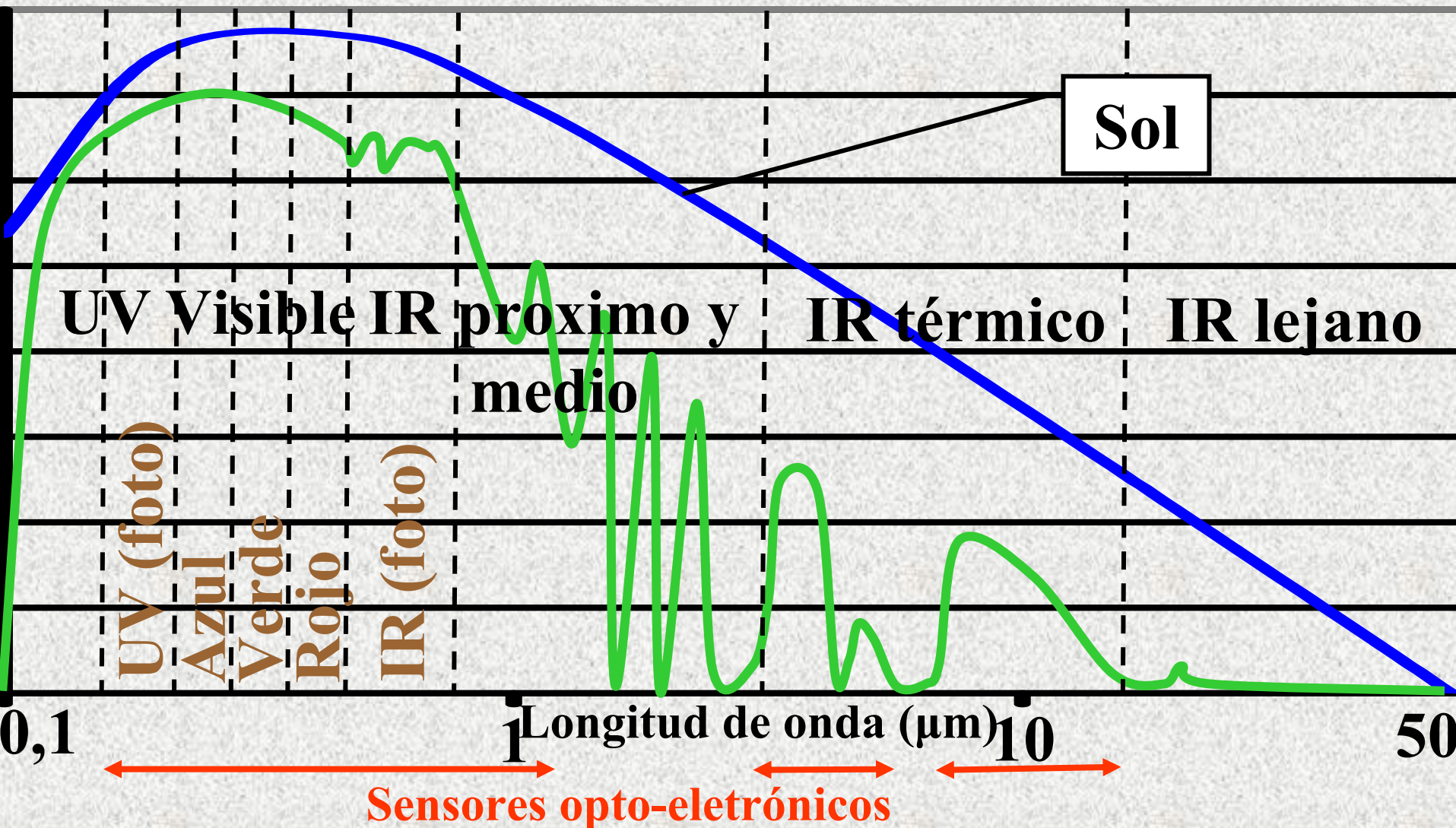


**Perfectamente
difusa**

Interacción de la radiación con la atmósfera



Transmitividad atmosférica



La atm. es transparente a las MW, zona del radar

Tipos de sensores: sensores pasivos



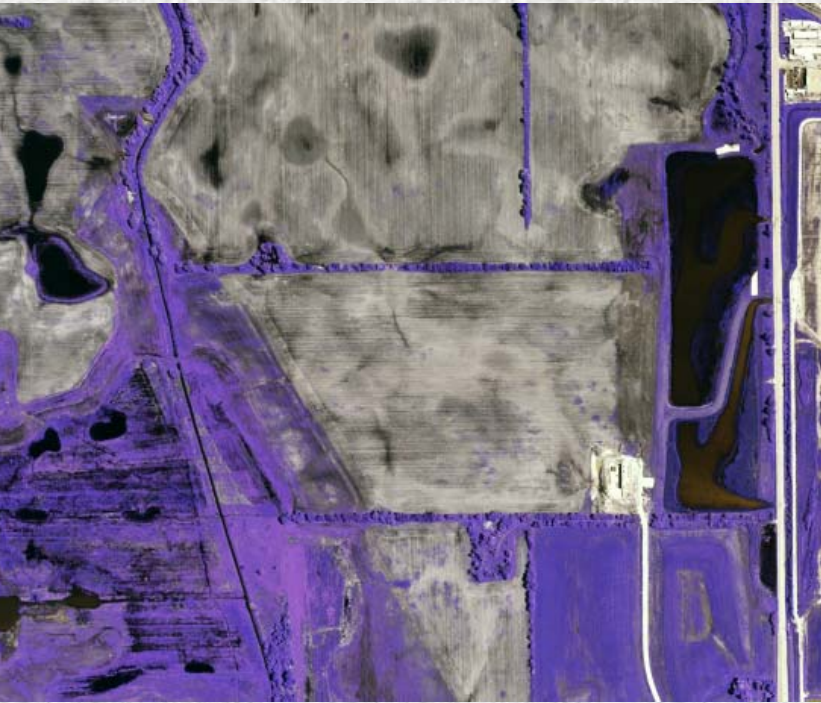
Pancromático (B/N)



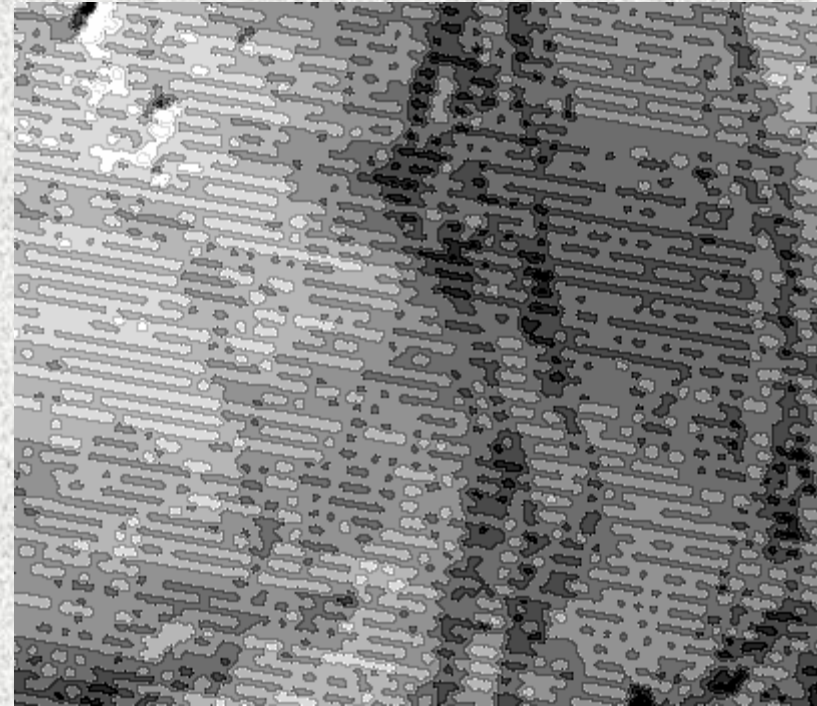
Color

Sensores fotográficos

Tipos de sensores: sensores pasivos



Verde-Rojo-IRp



IRt

Sensores opto-electrónicos

Tipos de sensores: sensores activos



Radar

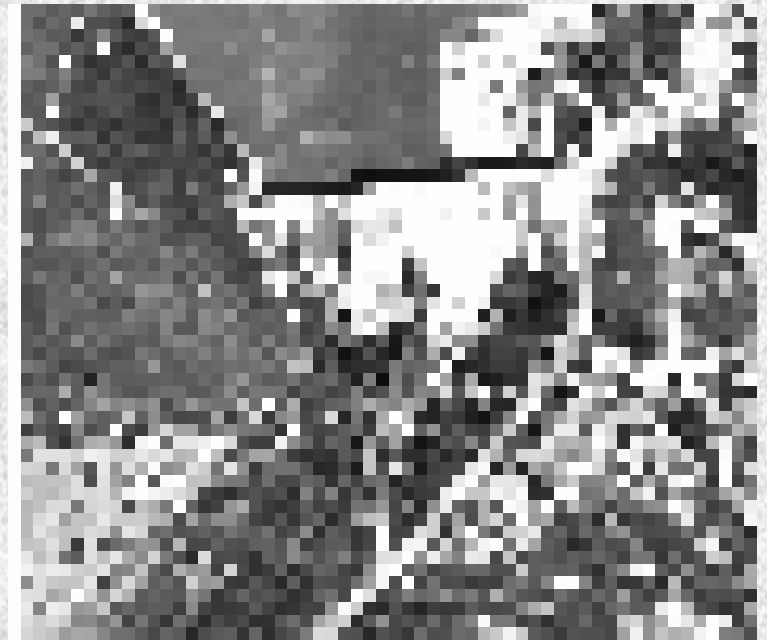
Resolución de los sensores

- Espacial
- Espectral
- Radiométrica
- Temporal

Resolución espacial



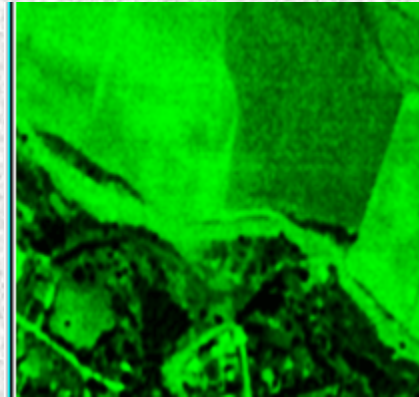
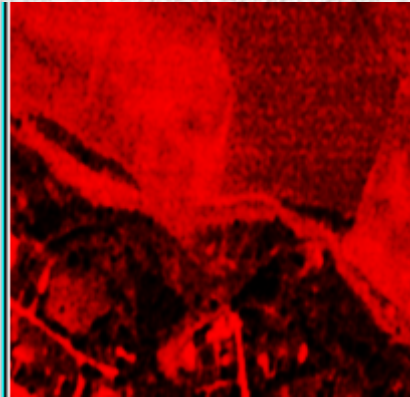
Píxel de 1metro



Píxel de 10 metros

Tamaño del píxel o celdilla

Resolución espectral



Tres bandas: rojo, verde y azul

**Una banda:
pancromática**



Número de bandas y su longitud de onda

Resolución radiométrica

1 bit (0 ó 1)



8 bits (0 a 255)



Resoluciones más comunes:

7 (0 a 127), 8 (0 a 255) y 10 (0 a 1023) bits

Número de niveles digitales (ND)

Resolución temporal

- Periodicidad en la obtención de las imágenes
- Los satélites presentan una resolución alta, entre minutos y días
- Los aviones presentan una resolución muy baja y no fija

Relación entre las resoluciones

- Cuando aumenta una de las resoluciones espacial, temporal o espectral, las otras disminuyen
- Si se intenta aumentar todas a la vez, el problema es la transmisión de los datos
- Hoy en día se usan constelaciones de satélites de comunicaciones para mitigar el problema anterior

Plataformas de teledetección espacial

LANDSAT

SV y año	LANDSAT 1 (1972) y 2 (1975)
R. Temporal	18 días
Sensor	RBV
R. Espacial	80 metros
R. Espectral	3 bandas (Verde;Rojo;IRp) del 1 al 3
R. Radiom.	
Escena	185 Km

Plataformas de teledetección espacial

LANDSAT

SV y año	LANDSAT 1 (1972) y 2 (1975)
R. Temporal	18 días
Sensor	MSS
R. Espacial	79 metros
R. Espectral	4 bandas (Verde;Rojo;IRp;IRp) del 4 al 7
R. Radiom.	7 bits, 6 para la cuarta
Escena	185 Km

Plataformas de teledetección espacial

LANDSAT

SV y año	LANDSAT 3 (1978)
R. Temporal	18 días
Sensor	RBV
R. Espacial	40 metros
R. Espectral	1 banda (pancromática) 1
R. Radiom.	
Escena	185 Km

Plataformas de teledetección espacial

LANDSAT

SV y año	LANDSAT 3 (1978)
R. Temporal	18 días
Sensor	MSS
R. Espacial	79 metros (240 m la 8ª)
R. Espectral	5 bandas (Verde;Rojo;IRp;IRp; IRt) del 4 al 8
R. Radiom.	7 bits, 6 para la cuarta
Escena	185 Km

Plataformas de teledetección espacial

LANDSAT

SV y año	LANDSAT 4 y 5
R. Temporal	16 días
Sensor	MSS
R. Espacial	79 metros
R. Espectral	4 bandas (Verde;Rojo;IRp;IRp) del 4 al 7
R. Radiom.	8 bits
Escena	185 Km

Plataformas de teledetección espacial

LANDSAT

SV y año	LANDSAT 4 y 5
R. Temporal	16 días
Sensor	TM
R. Espacial	30 metros (120m la 6)
R. Espectral	7 bandas (Azul; Verde; Rojo; IRp; IRp; IRt; IRm) del 1 al 7
R. Radiom.	8 bits
Escena	185 Km

Plataformas de teledetección espacial

SPOT

SV y año	SPOT
R. Temporal	26 días (2-3 días, mira lateral)
Sensor	HRV
R. Espacial	20 metros (10m la P)
R. Espectral	4 bandas (Verde;Rojo;IRp; pancromático) XS1, 2 y 3 y P
R. Radiom.	8 bits (6 bits la P)
Escena	185 Km

Plataformas de teledetección espacial

Tiros-NOAA

SV y año	Tiros (1960) y NOAA (1979)
R. Temporal	0,5 días
Sensor	AVHRR (entre otros)
R. Espacial	1.100 metros
R. Espectral	5 bandas (Rojo;IRp;IRm;IRt; IRt) del 1 al 5
R. Radiom.	10 bits
Escena	3.000 Km

Plataformas de teledetección espacial

METEOSAT

SV y año	METEOSAT (1977)
R. Temporal	30 minutos
Sensor	VISSR o MSR
R. Espacial	2,5 Km (5 Km para WV e IRt)
R. Espectral	3 bandas (Pancromática; IRm; IRt) Vis, WV e IRt
R. Radiom.	
Escena	12.500 Km

Plataformas de teledetección espacial

MOS

SV y año	MOS
R. Temporal	17 días
Sensor	MESSR (entre otros)
R. Espacial	50 m
R. Espectral	4 bandas (Ver;Rojo;IRp; IRp) del 1 al 4
R. Radiom.	
Escena	100 x 90 Km

Plataformas de teledetección espacial

ERS

SV y año	ERS 1 (1991) y 2 (1995)
R. Temporal	3 a 176 días
Sensor	Varios
R. Espacial	
R. Espectral	
R. Radiom.	
Escena	

Plataformas de teledetección espacial

IRS

SV y año	IRS
R. Temporal	22 días
Sensor	LISS I y II
R. Espacial	72,5 (I) y 36,25 (II)
R. Espectral	4 bandas (Azul;Verde;Rojo;IRp) del 1 al 4
R. Radiom.	
Escena	148 Km (I) y 74 (II)

¿Qué sensor elegir?

Depende de la aplicación

- ¿Cuál es la escala de trabajo?
- ¿Presupuesto?
- ¿Se hará un análisis multitemporal?
- ¿Qué bandas necesitamos?

¿Qué sensor elegir?

Dos grandes grupos:

- Cartografía temática, análisis geológicos, contaminación: alta resolución espacial y espectral; LANDSAT-TM, SPOT-HRV, MOS-MESSR, IRS-LISS,...
- Observación atmosférica y oceánica, estudios de la vegetación y ecología terrestres: bandas en IRp, IRm e IRt, grandes superficies; METEOSAT, NOAA-AVHRR, MOS-VTIR, MOS-MSR, ERS,...

Preparación previa

Correcciones geométricas



Imagen no georreferenciada

Puntos de control



Mapa de referencia georreferenciado

Imagen georreferenciada usando carreteras

Preparación previa

Correcciones radiométricas



**Imagen
LANDSAT-TM
con “stripping”**

**Filtro
corrector** →



**Imagen
LANDSAT-TM
sin “stripping”**

Clasificaciones: usos del suelo

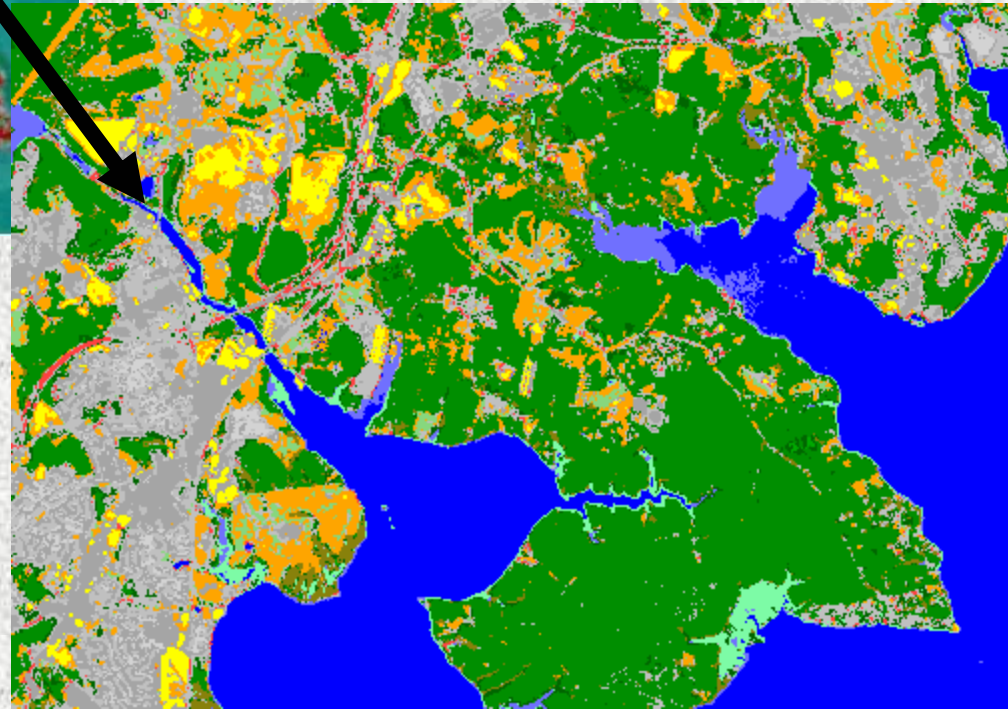
Supervisadas



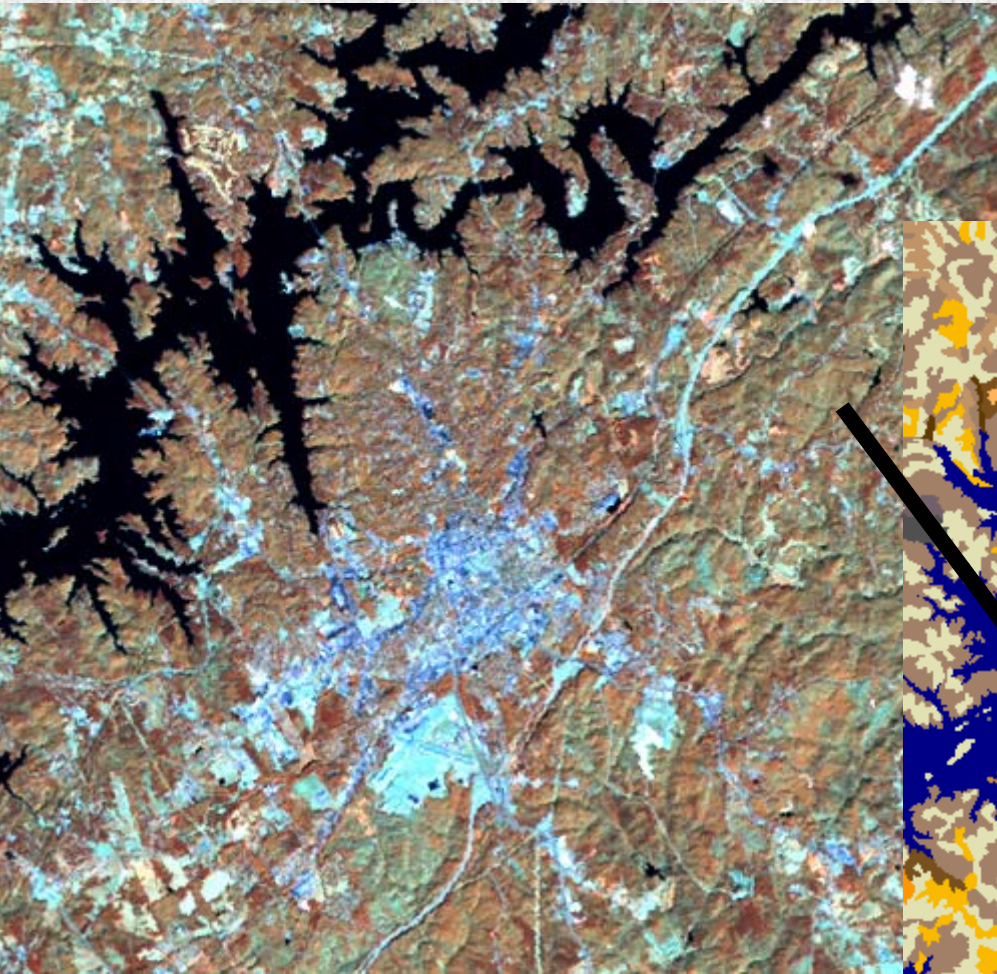
**Imagen
LANDSAT-TM**

**Identificación de
zonas homogéneas**

**Imagen
clasificada**

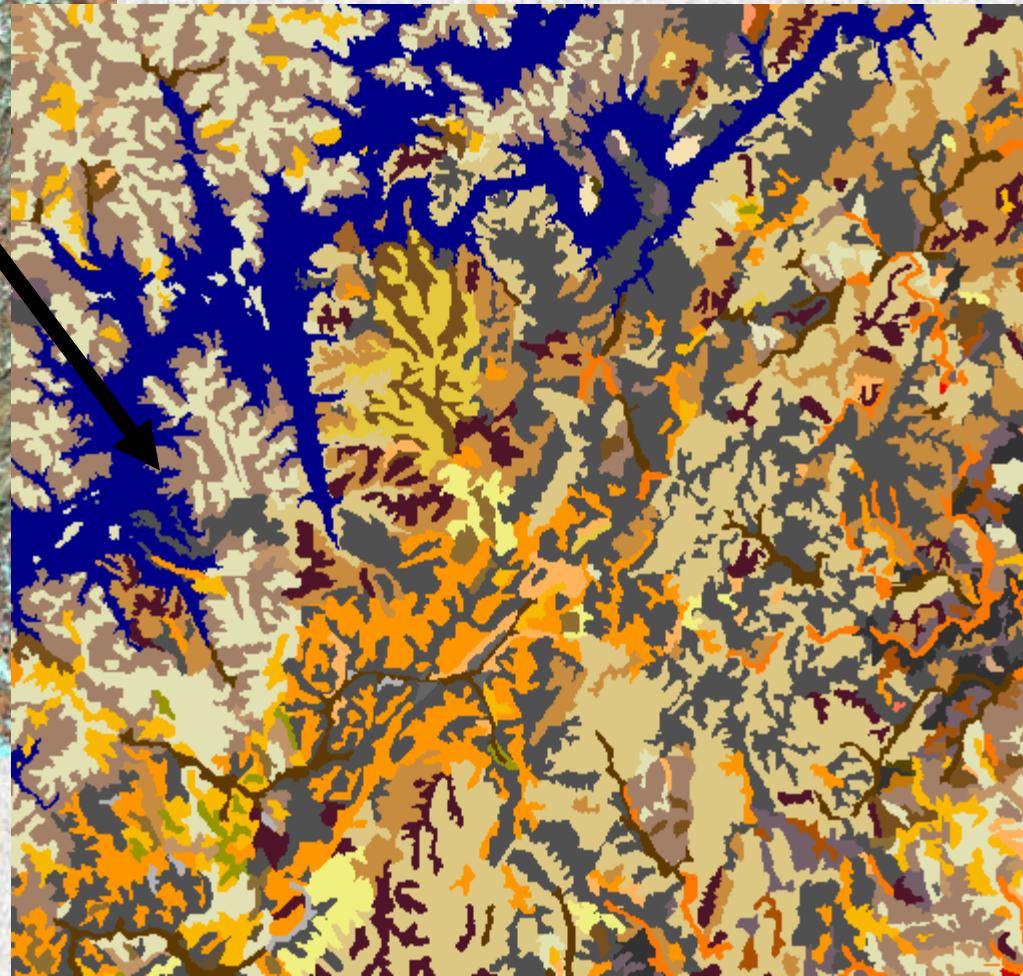


Clasificaciones: edafología no supervisadas



**Imagen
LANDSAT-TM**

**Imagen
clasificada**



Estudios multitemporales



1987



1992

Estudios climatológicos



Fuentes

- Chuvieco, E.; Teledetección espacial (1985)
- Pinilla, C.; Elementos de teledetección (1995)
- Imágenes: ejemplos de Erdas© Imagine 8.5, e imágenes del Dpto. de Construcción y Vías Rurales de la UPM



SANTIAGO MANCEBO