

# Datos cartográficos: conceptos previos para su correcta utilización

Réplica del Taller GBIF ECOLOGICAL NICHE MODELLING

14-16 de Marzo de 2007

Alicia Gómez Muñoz [alignm@unex.es](mailto:alignm@unex.es)

<http://kraken.unex.es/kraken/>

# Índice

## 1. CONCEPTOS CARTOGRÁFICOS

- Definición de Cartografía
- Cartografía básica, cartografía derivada y cartografía temática
- Problemas asociados a la cartografía: Escala y Proyección
- Distribución de la Cartografía Oficial

## 2. CONCEPTOS GEODÉSICOS

- La forma de la Tierra y sus aproximaciones
- Sistemas de referencia utilizados en la actualidad

## 3. TELEDETECCIÓN

- Definición
- Resoluciones

# **1. CONCEPTOS SOBRE CARTOGRAFÍA**

# 1. Introducción

## CARTOGRAFÍA

Ciencia que estudia los diferentes métodos y sistemas para representar sobre un plano una parte o la totalidad de la superficie terrestre, de modo que las deformaciones sean mínimas o que la representación cumpla condiciones especiales para su posterior utilización.

Dependiendo de la dimensión de superficie a representar será suficiente con un simple plano (Topografía) o una superficie más compleja similar a la superficie terrestre (Geodesia).

# 1. Introducción

## MAPA

Representación geométrica plana, simplificada y convencional de la superficie terrestre dentro de una relación de similitud que se denomina escala. Un mapa es un modelo gráfico de la superficie terrestre donde se representan localizaciones espaciales, sus atributos y sus relaciones topológicas.

## NO CONFUNDIR MAPA Y PLANO

MAPA: Tiene en cuenta la esfericidad terrestre.

PLANO: No tiene en cuenta la esfericidad terrestre.

## 2. Cartografía básica, Cartografía derivada y Cartografía temática

### CARTOGRAFÍA BÁSICA

Se elabora a partir de procesos directos de observación y medición de la superficie terrestre. Son los mapas topográficos puramente dichos.

### CARTOGRAFÍA DERIVADA

Se realiza a partir de la generalización de la información topográfica que viene representada en la cartografía básica existente.

### CARTOGRAFÍA TEMÁTICA

Utiliza como soporte cartografía básica o derivada, para desarrollar algún aspecto concreto o algún fenómeno.

### 3. Problemas asociados a la Cartografía

A la hora de representar la Superficie Terrestre aparecen varios problemas:

Las dimensiones de la zona a representar son muy extensas



ESCALA

La Superficie que queremos representar no es plana



PROYECCIÓN

## a. Escala

### DEFINICIÓN

Es la razón de semejanza entre la superficie real y la representación cartográfica.

$$\frac{1}{N} = \frac{Dm}{Dr}$$

A la hora de generar cualquier tipo de cartografía ¡IMPORTANTE! incluir una escala gráfica

## a. Escala

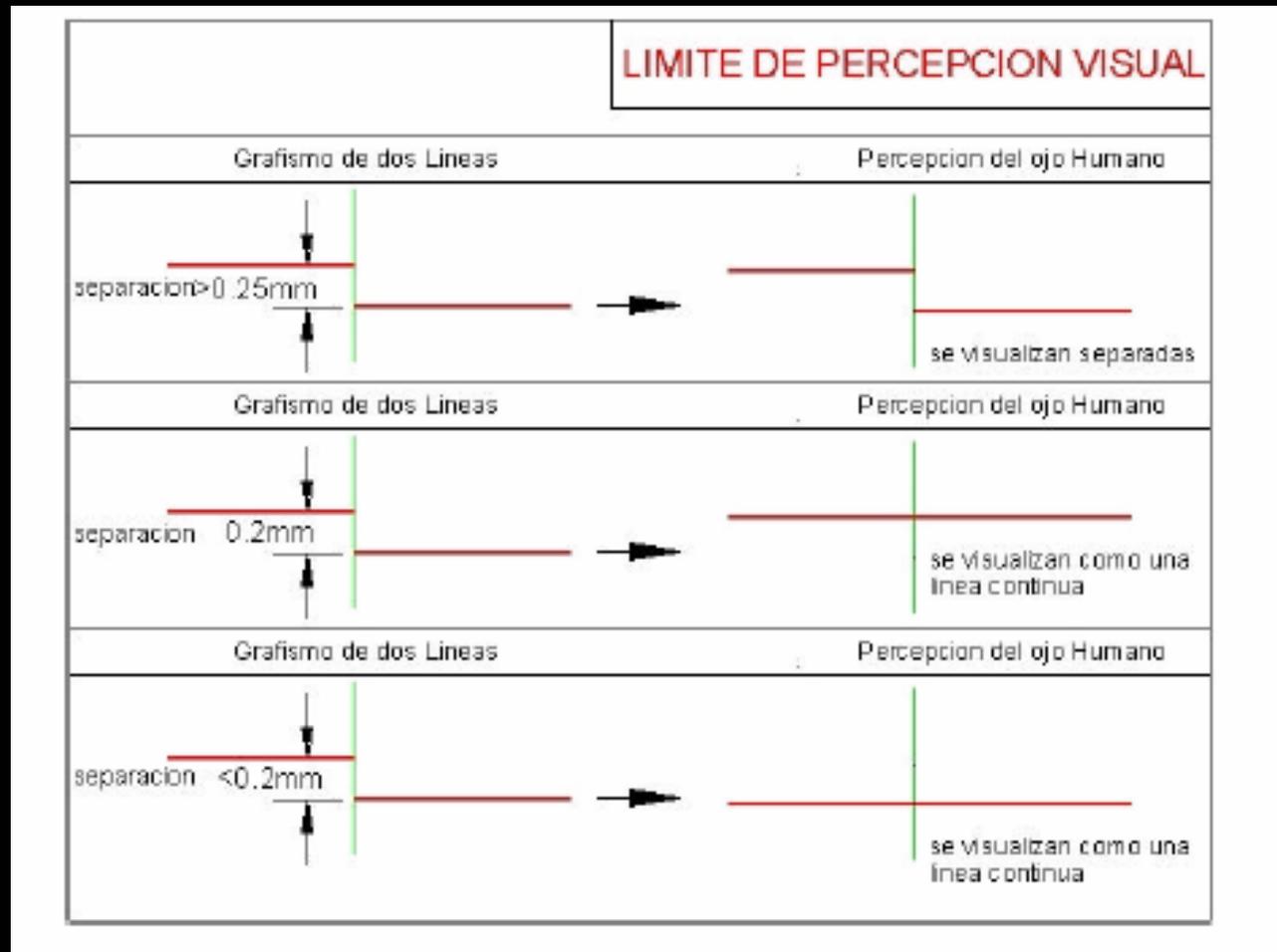
### MAPAS EN FUNCIÓN DE LA ESCALA

En relación a la escala tenemos la siguiente clasificación:

- Mapas de pequeña escala:  $1/100.000$  y menores
- Mapas de mediana escala: entre  $1/100.000$  y  $1/10.000$
- Mapas de gran escala o planos: a partir de  $1/2.000$

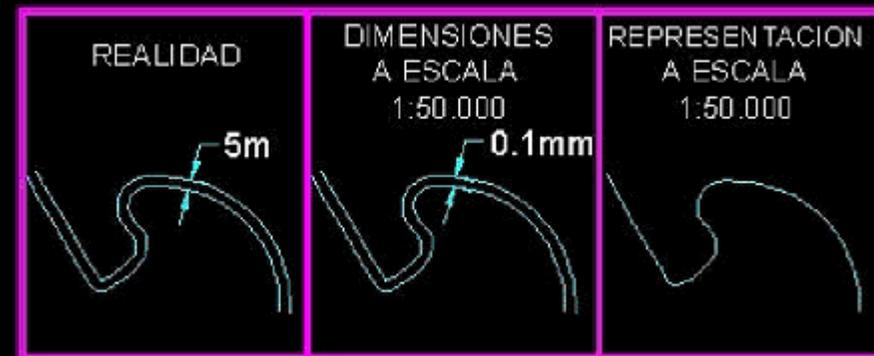
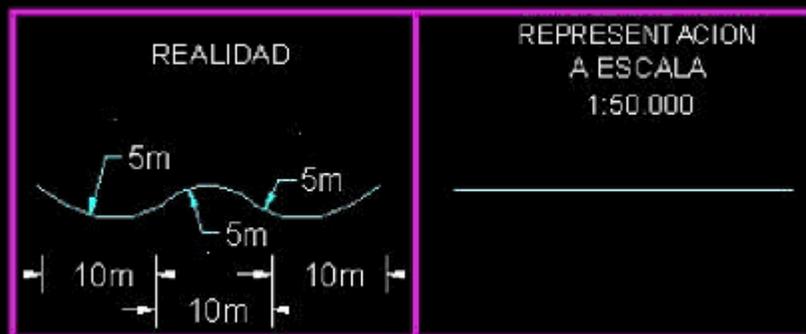
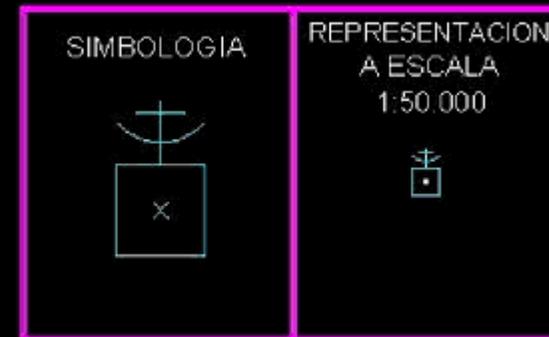
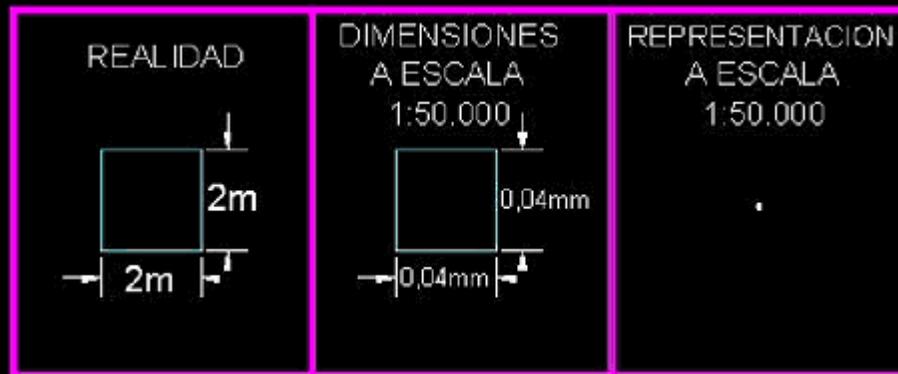
## a. Escala

### LÍMITE DE PERCEPCIÓN VISUAL



# a. Escala

## LÍMITE DE PERCEPCIÓN VISUAL



## a. Escala

### GENERALIZACIÓN

La generalización es un proceso propio e ineludible en la formación de una mapa, constituyendo su automatización uno de los principales problemas a los que se enfrenta la ciencia cartográfica en la actualidad. Su objetivo es reducir la complejidad y el número de elementos que componen el mapa, en función de la escala y del futuro uso a que esté destinado.

# a. Escala

## GENERALIZACIÓN



## b. Proyecciones Cartográficas

### DEFINICIÓN

Es una correspondencia biunívoca entre los puntos de la superficie terrestre y los puntos de un plano llamado Plano de proyección. Puesto que cualquier punto de la esfera está definido por sus coordenadas geográficas  $(b, \lambda)$  y cualquier punto del plano lo está por sus coordenadas cartesianas  $(X, Y)$ , existirá una serie infinita de relaciones que ligen  $(b, \lambda)$  con  $(X, Y)$ . Cada una de estas infinitas relaciones será un sistema de proyección cartográfico.

## b. Proyecciones Cartográficas

### PROYECCIONES EN FUNCIÓN DE LAS DEFORMACIONES

**PROYECCIÓN CONFORME:** La proyección conserva el ángulo entre dos puntos medidos en la superficie de referencia y en el mapa. Si no lo conserva se dice que la proyección tiene **anamorfosis angular**.

**PROYECCIÓN EQUIDISTANTE:** La proyección conserva las distancias; en todo el mapa no se cumple esta propiedad, pero debido a la escala, se puede considerar que las deformaciones son tan pequeñas que se admiten como tolerables. Si existe alguna línea o dirección que cumpla esta propiedad recibe el nombre de línea automecoica. Cuando la proyección no cumple esta propiedad tiene **anamorfosis lineal**.

**PROYECCIÓN EQUIVALENTE:** Son las proyecciones que conservan las superficies. Cuando no lo cumplen tienen **anamorfosis superficial**.

**PROYECCIÓN AFILÁCTICA:** Son proyecciones que no conservan ninguna de las propiedades anteriores pero tienen valores tolerables para determinadas zonas.

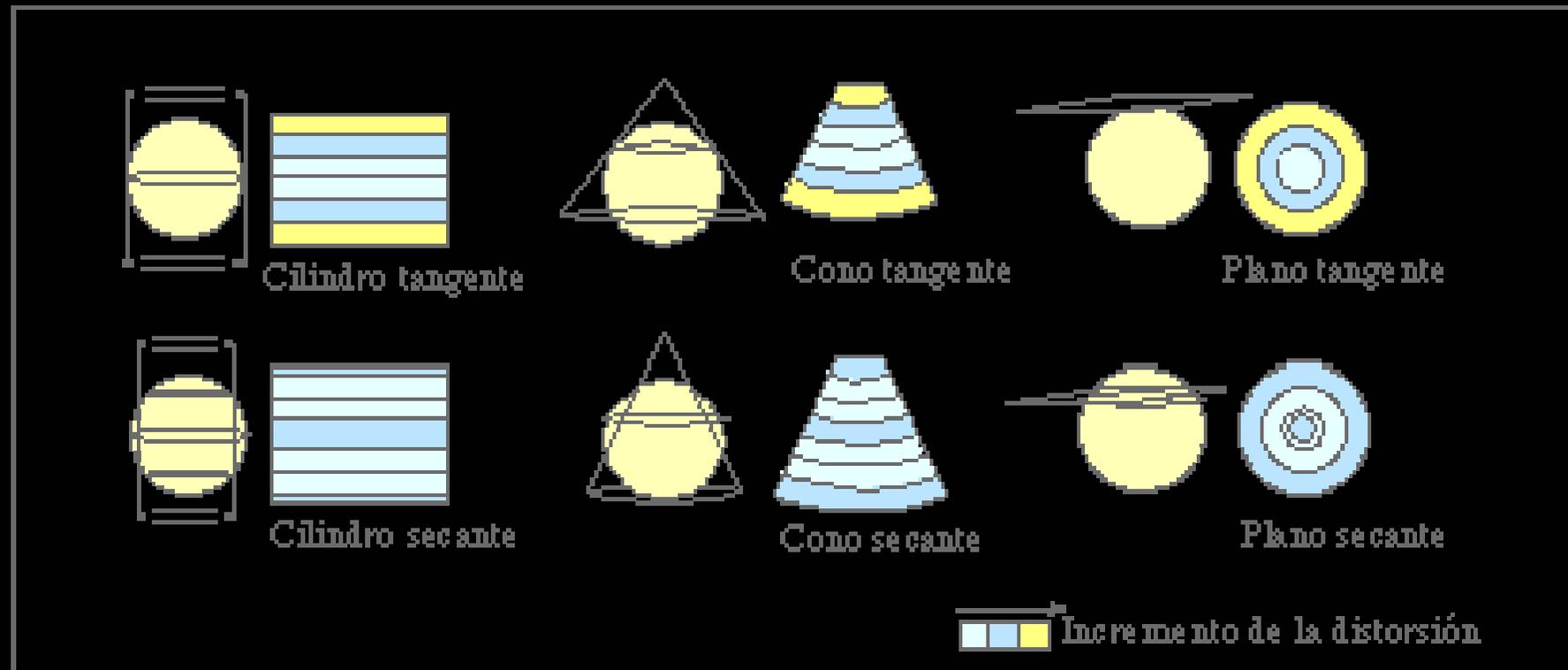
## b. Proyecciones Cartográficas

### CLASIFICACIÓN DE LAS PROYECCIONES

PURAS (Simple Proyección de la esfera o parte de ella)	
<b>POR DESARROLLO</b> Se proyecta la esfera sobre una superficie desarrollable que puede ser tangente o secante a la esfera.	CÓNICAS
	CILÍNDRICAS
<b>ACIMUTALES</b> Toda la superficie se proyecta sobre un único plano de proyección.	ORTOGRÁFICAS
	ESCENOGRÁFICAS
	ESTEREOGRÁFICAS
	GNOMÓNICAS

## b. Proyecciones Cartográficas

### DEFINICIÓN



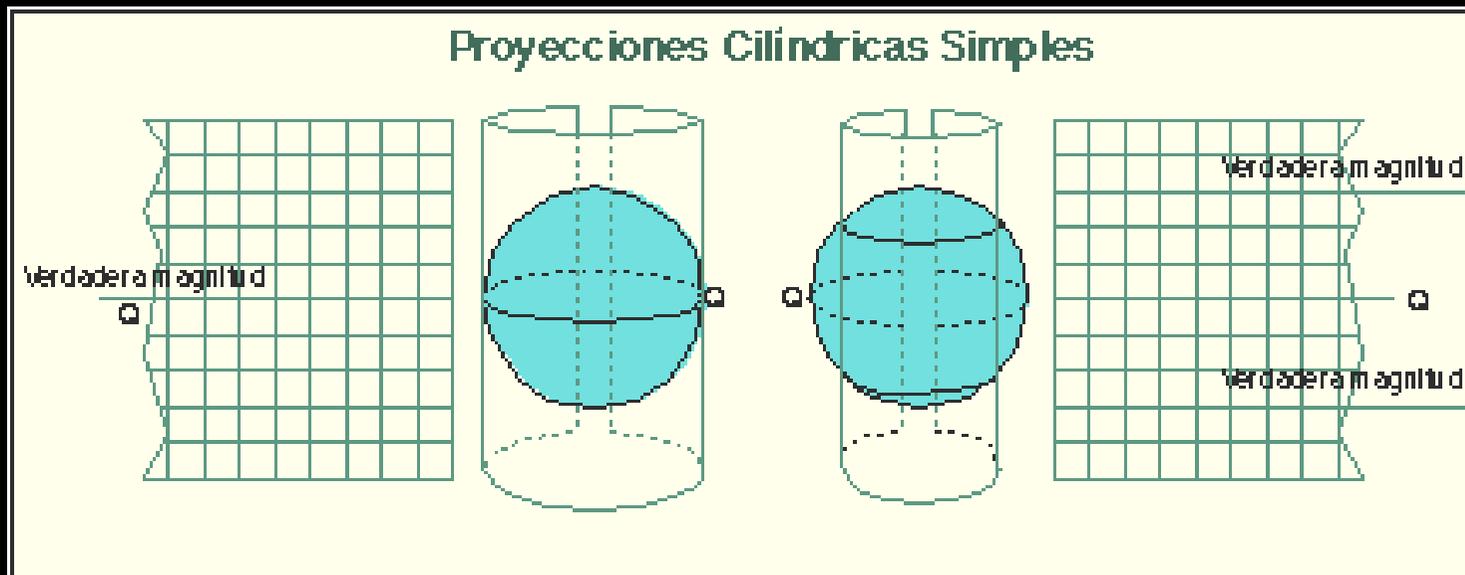
## b. Proyecciones Cartográficas

### CLASIFICACIÓN DE LAS PROYECCIONES

POLIEDRICAS	
División de la superficie terrestre en trapecios esféricos. Plano de proyección tangente al punto medio del trapecio. Punto de vista o centro de proyección en el infinito.	
MODIFICADAS	
CILÍNDRICAS	Cilíndrica modificada de Mercator Universal Transversa Mercator (U.T.M.) Cilindrica equivalente
CÓNICAS	Proyección de Bonne Conforme de Lambert Equivalente de Mollweide
ACIMUTALES	Equidistante de Postell Equivalente de Lambert Policónicas

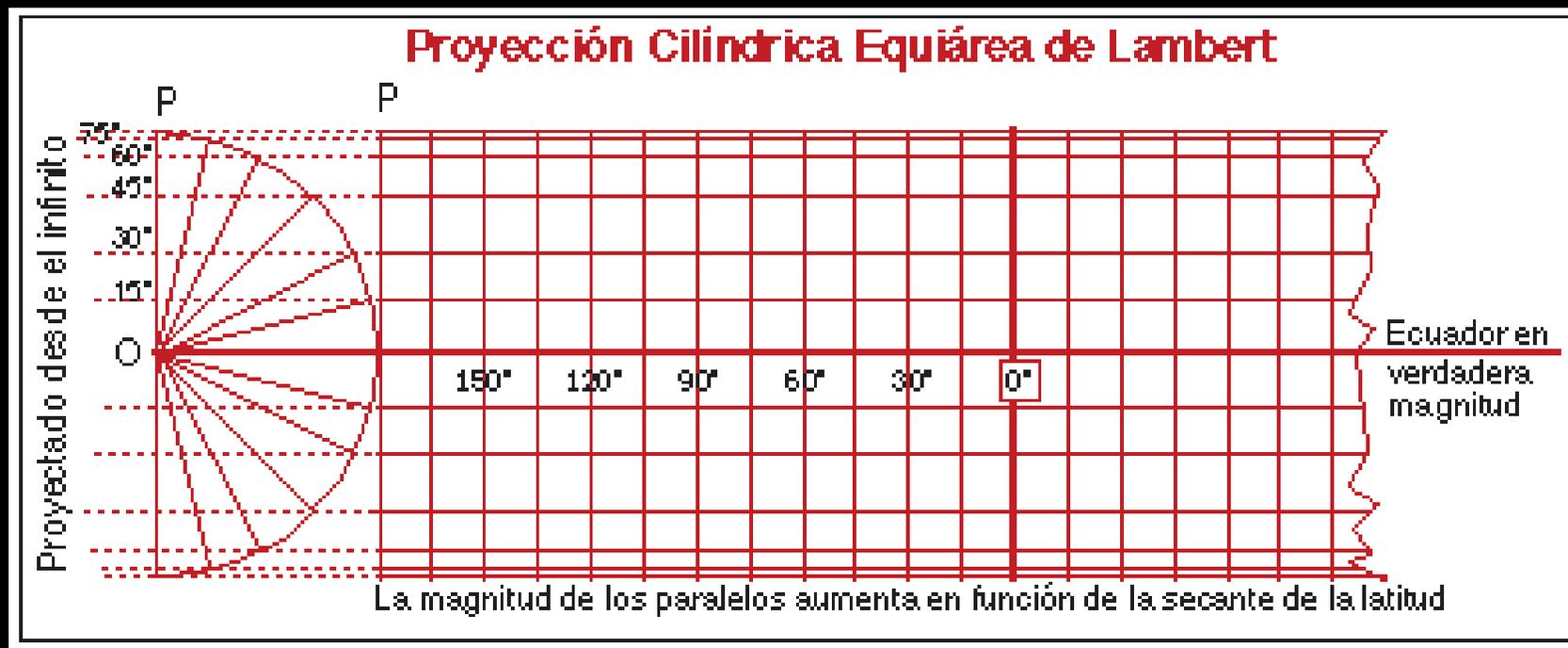
## b. Proyecciones Cartográficas

### PROYECCIÓN CILÍNDRICA



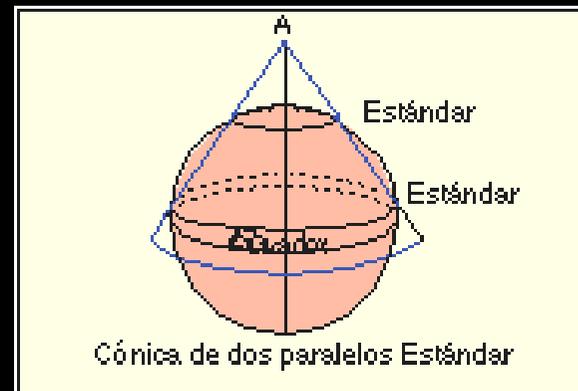
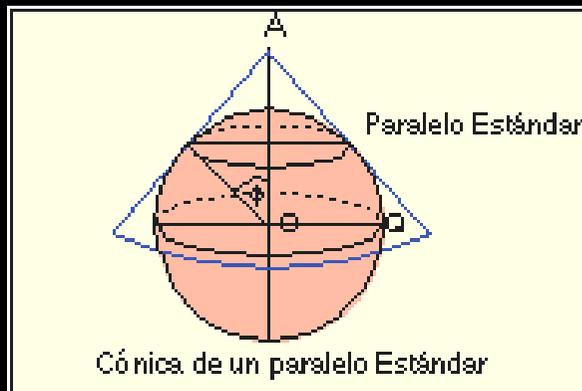
## b. Proyecciones Cartográficas

### PROYECCIÓN CILÍNDRICA



## b. Proyecciones Cartográficas

### PROYECCIÓN CÓNICA

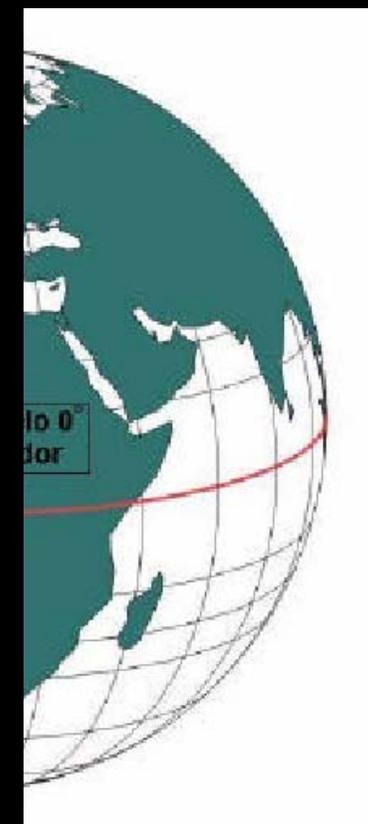




The image features a dark blue background with a vertical blue bar on the left side. A horizontal blue bar with a gradient from light to dark blue crosses the page, containing the title text. A thin, bright cyan horizontal line is positioned below the main blue bar.

# LA CARTOGRAFÍA ACTUAL

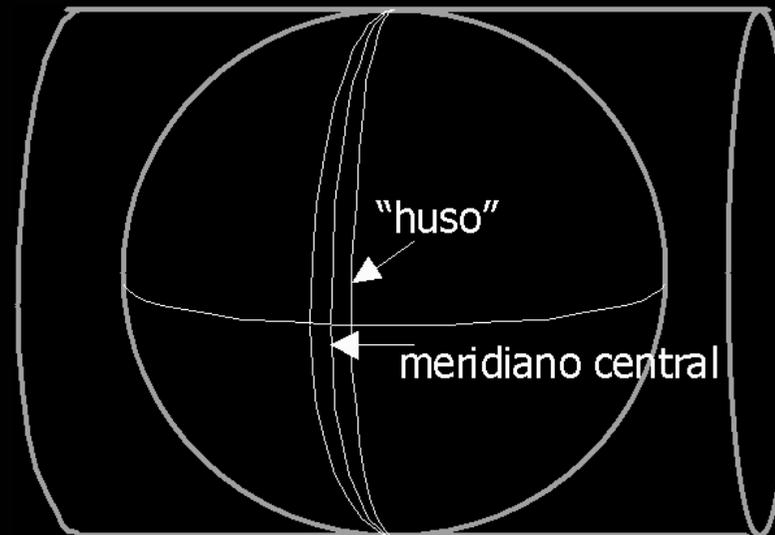
# 1. Las coordenadas



## 2. La proyección U.T.M.

### “Universal Transverse Mercator”

Se toma como superficie desarrollable un cilindro (es una proyección cilíndrica) que se coloca tangente al elipsoide de referencia, de forma que el eje del cilindro está dentro del plano del ecuador, es decir, que el cilindro es tangente al elipsoide a lo largo de una línea que define un meridiano tomado como origen.



## 2. La proyección U.T.M.

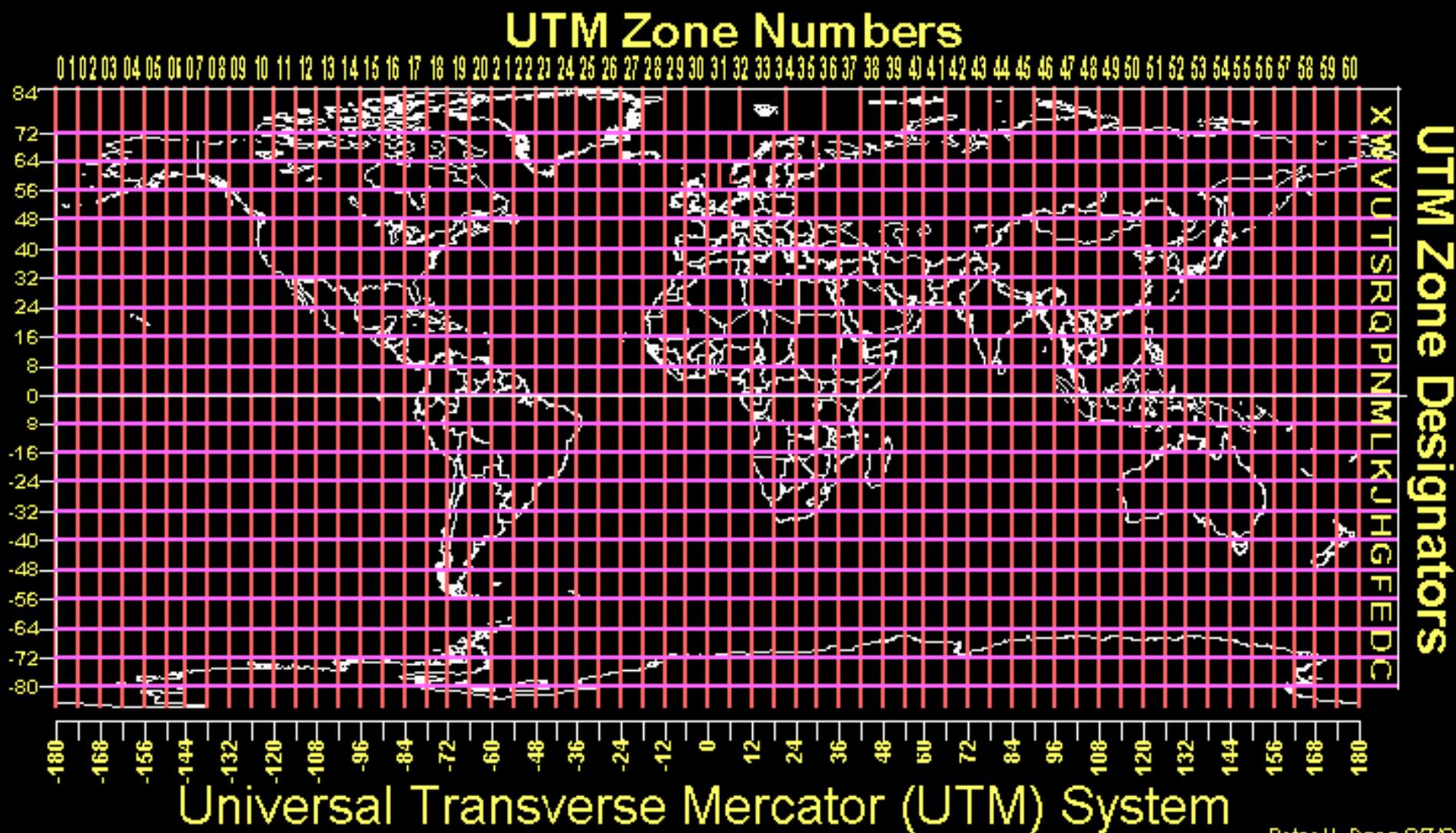
Divide la tierra en 60 husos de 6° de amplitud, numerados del 1 al 60 en sentido W-E a partir del antimeridiano de Greenwich.

El territorio nacional español abarca 5 husos:

-la Península Ibérica y Baleares están comprendidas en los husos 29,30 y 31, y las Islas Canarias en los husos 27 y 28.

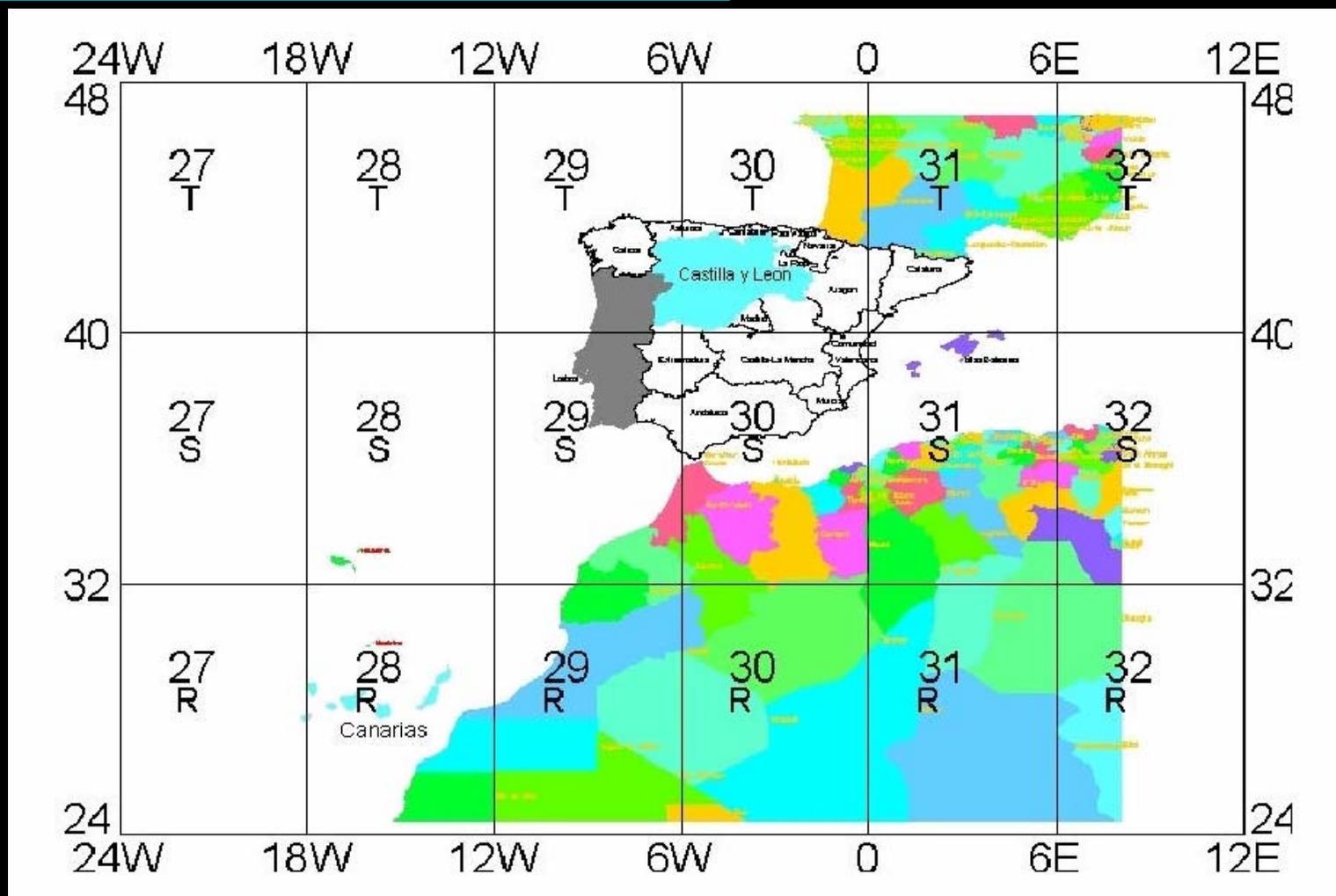
El sistema UTM configura un sistema propio e independiente para cada huso, de forma que cada punto del terreno dentro de un huso tiene unas coordenadas genuinas que lo definen unívocamente.

## 2. La proyección U.T.M.



## 2. La proyección U.T.M.

### PROYECCIÓN U.T.M.



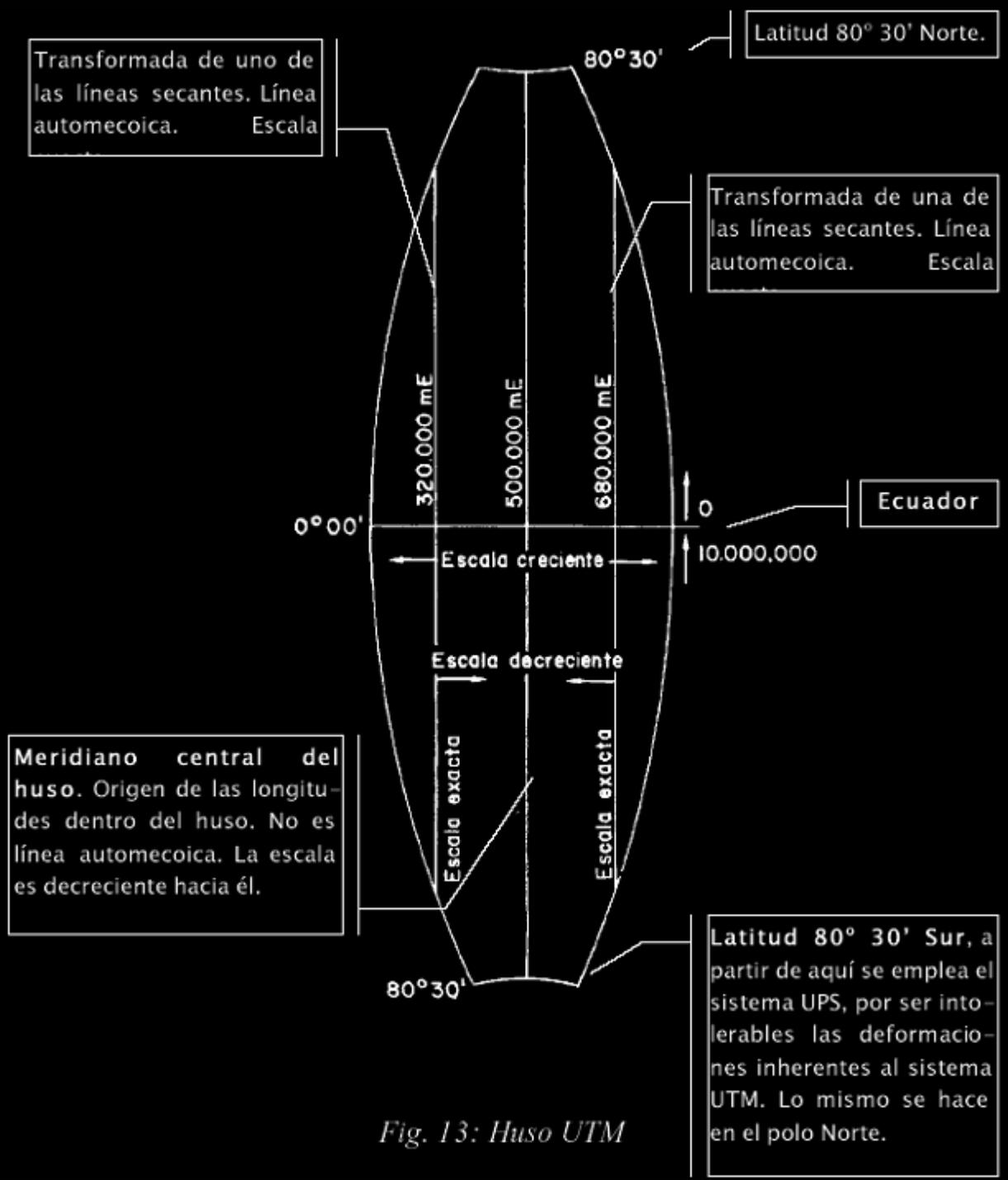


Fig. 13: Huso UTM

## 2. La proyección U.T.M.

### La medición del Norte Geográfico Verdadero

Convergencia de cuadrícula

*Grid Convergence*

HUSO 29  $\omega = 2^{\circ} 09' (2^{\circ} 38') (38^{\circ\circ})$

HUSO 30  $\omega = 1^{\circ} 44' (1^{\circ} 93') (31^{\circ\circ})$

Declinación magnética para

1 de enero de 2001

*Magnetic declination for*

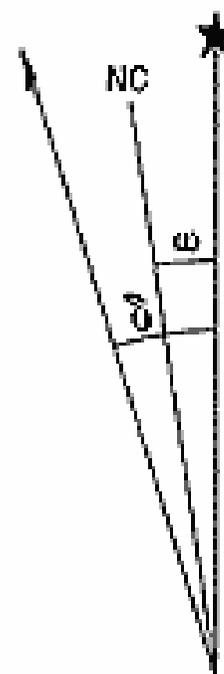
*1 st January 2001*

$\delta = 3^{\circ} 37' (4^{\circ} 03') (65^{\circ\circ})$

Variación anual de la declinación

*Annual magnetic change*

$\Delta\delta = -7',6 (-14') (-2^{\circ\circ},2)$





## **2. CONCEPTOS BÁSICOS DE GEODESIA**

# 1.La forma de la Tierra

La forma real de la Tierra es irregular y enormemente compleja. Si se desea determinar o etiquetar la situación de cualquier objeto se hace necesario utilizar un *modelo* de la forma de la Tierra. Como todo modelo, se trata de una simplificación del objeto real que va a ser útil para ser usado como base del establecimiento de un sistema de referencia espacial.

La primera cuestión que se plantea en geodesia es cuál es el mejor modelo de la Tierra, entendiendo como mejor el más simple y el más útil para los objetivos de la geodesia. Una vez que este modelo se defina, su superficie puede ser usada para medir las formas topográficas.

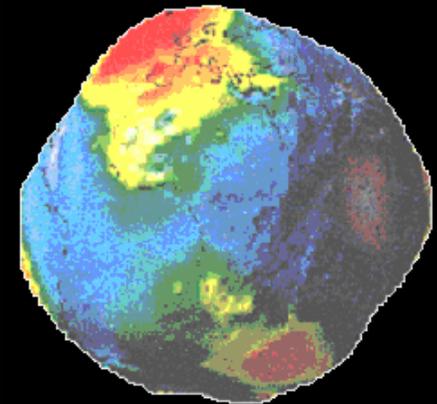
Las respuestas a la cuestión anterior se basan en dos conceptos:  
*geoide y elipsoide.*

## a. El Geoide

Geoide: significa "forma de la tierra"  
*(palabra introducida por Listing en 1873)*

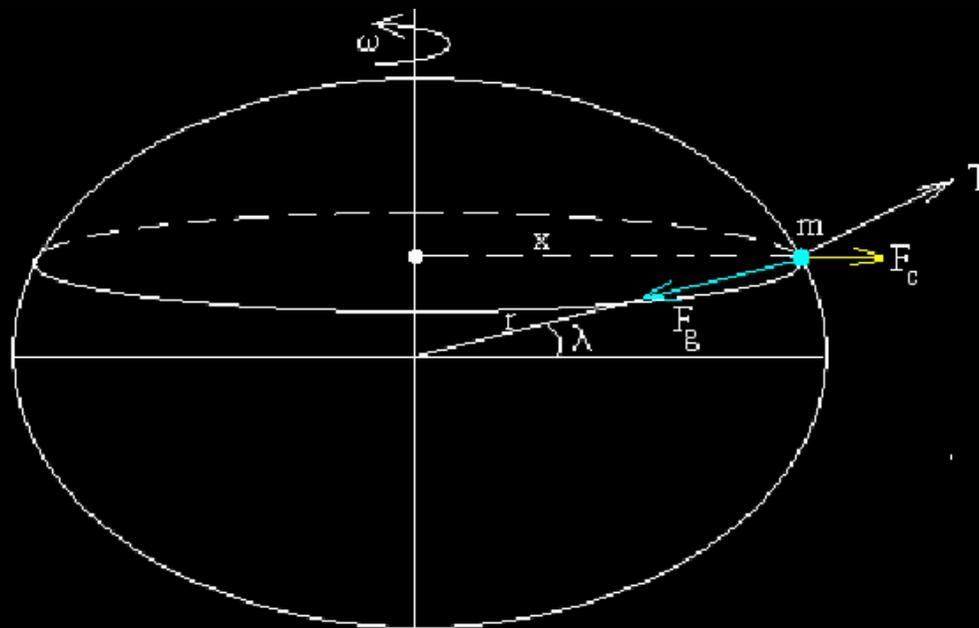
El geoide es la superficie equipotencial del campo gravitatorio coincidente, de forma aproximada, con el nivel medio de los océanos. Dicha coincidencia no es exacta debido a factores como: corrientes marinas, vientos dominantes y variaciones de salinidad y de la temperatura del agua del mar, etc.

Tiene en cuenta las anomalías gravimétricas y el achatamiento de los polos, por el cual es una superficie irregular con protuberancias y depresiones.



## b. El Elipsoide

La figura geométrica más simple que se ajusta a la forma de la Tierra es un elipsoide biaxial, una figura tridimensional generada por rotación de una elipse sobre su eje más corto. Este eje coincide aproximadamente con el eje de rotación de la Tierra.

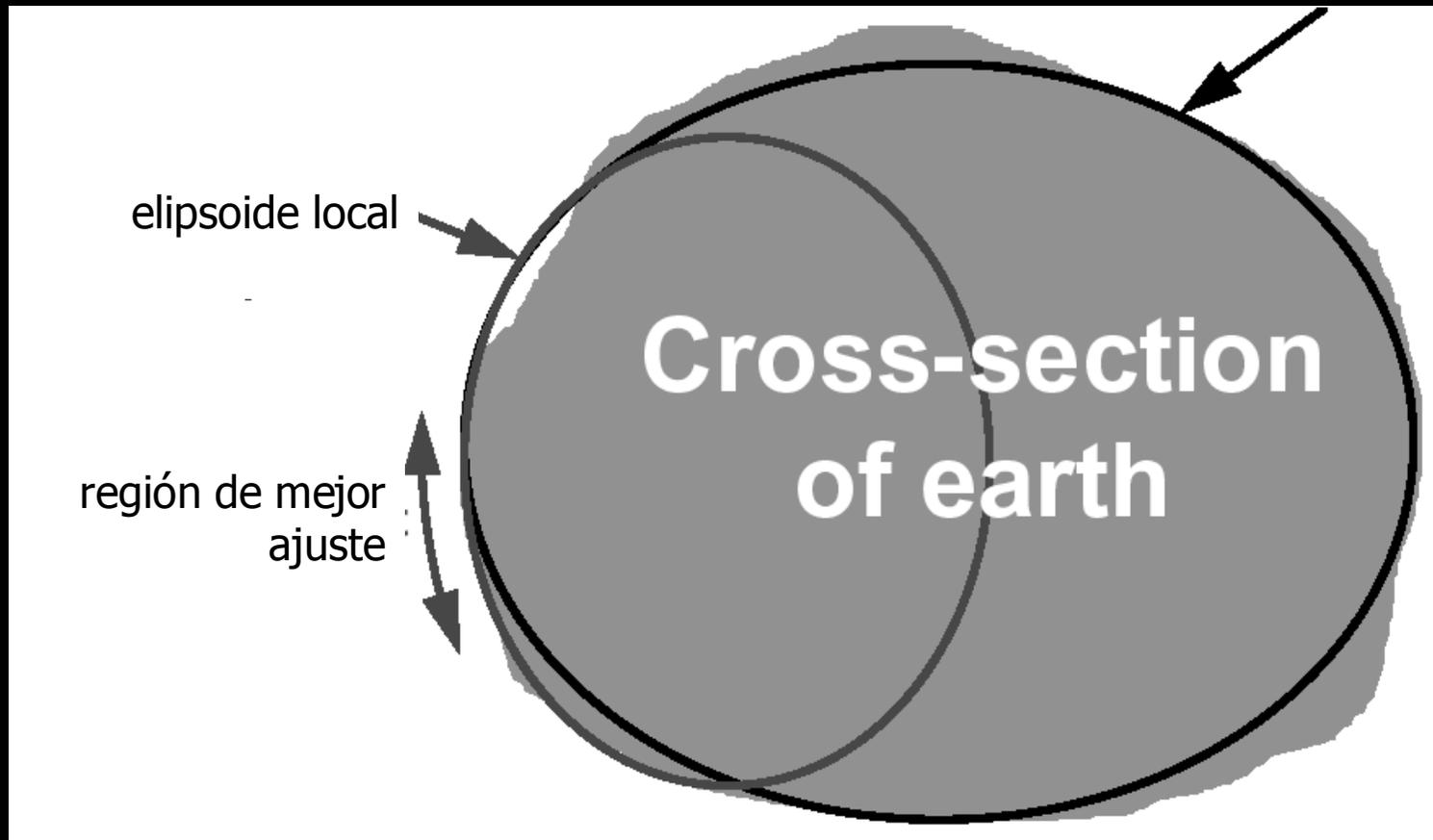


## b. El Elipsoide

Los parámetros que definen a un elipsoide de revolución son:

Semieje mayor .....	$a$
Semieje menor .....	$b$
Aplanamiento .....	$\alpha = \frac{a - b}{a}$
Excentricidad .....	$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$
2ª Excentricidad ....	$e' = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{b}$

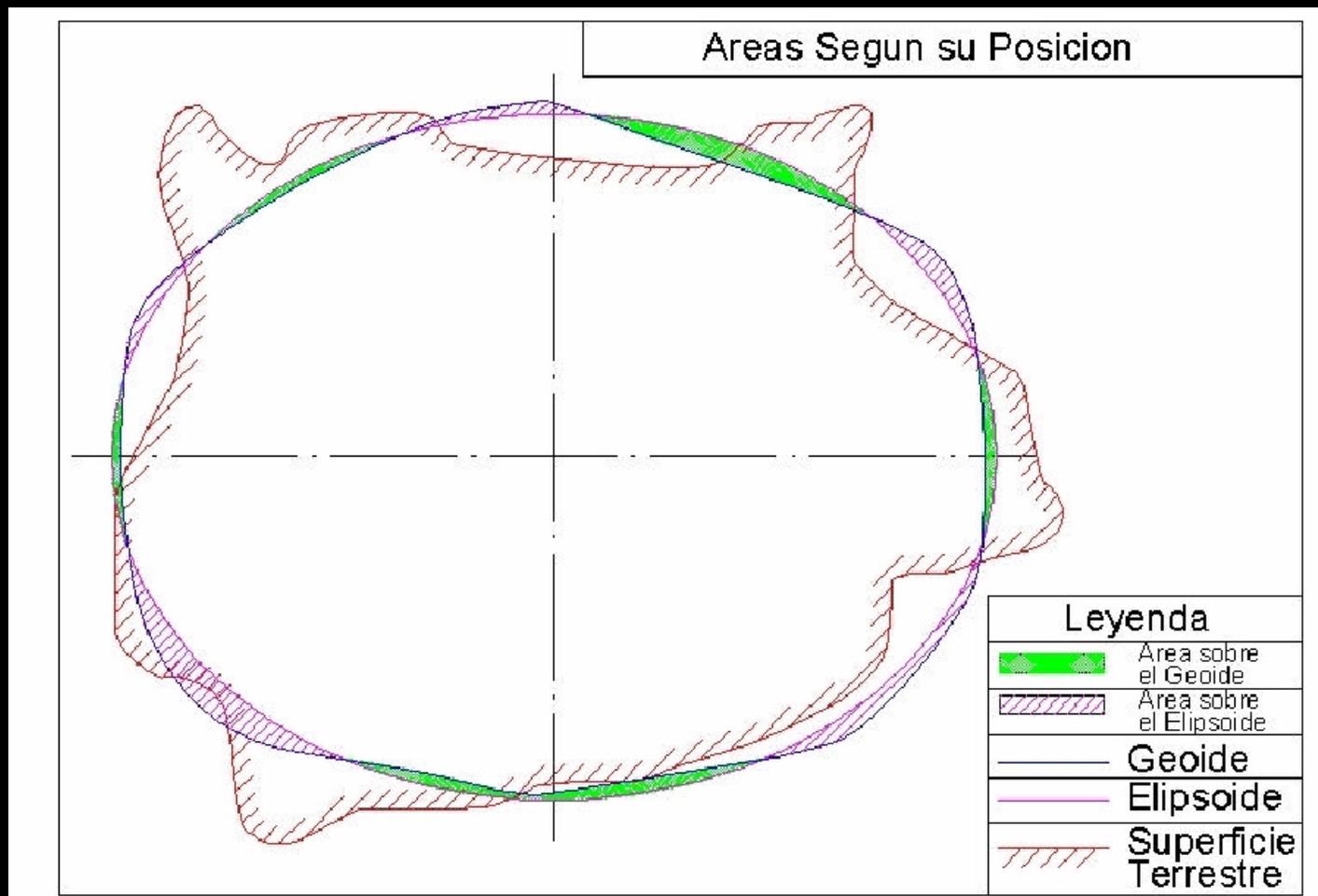
## b. El Elipsoide



## b. El Elipsoide

<b>Elipsoide</b>	<b>A</b>	<b><math>\alpha</math></b>
Airy 1830	6377563.396	1/ 299.3249646
Bessel 1841	6377397.155	1/299.1528128
Clarke 1880	6378249.145	1/293.465
Everest 1830	6377276.345	1/300.8017
Fischer 1960 (Mercury)	6378166	1/298.3
Fischer 1968	6378150	1/298.3
G R S 1980	6378137	1/298.257222101
Hough 1956	6378270	1/297.0
<b>International (Hayford)</b>	<b>6378388</b>	<b>1/297.0</b>
Krassovsky 1940	6378245	1/298.3
<b>Struve</b>	<b>6378298</b>	<b>1/299.73</b>
WGS 72	6378135	1/298.26
WGS 84	6378137	1/298.257223563
<b>A: semieje mayor del elipsoide (m)</b>	<b><math>\alpha</math>: aplanamiento (A/B)</b>	

## c. Geoide y Elipsoide



## d. Tipos de altitudes

### **Alturas geométricas**

Se obtienen a través de nivelación geométrica, las diferencias de nivel varían según el campo de gravedad del recorrido de la nivelación. Debido a la forma elipsoidal de la tierra y su distribución irregular de las masas en su interior, las superficies equipotenciales en puntos diferentes no son iguales debido a la distribución de masas en el interior de la Tierra, lo que explica densidades diferentes, generando diferentes campos de gravedad.

### **Alturas elipsoidales**

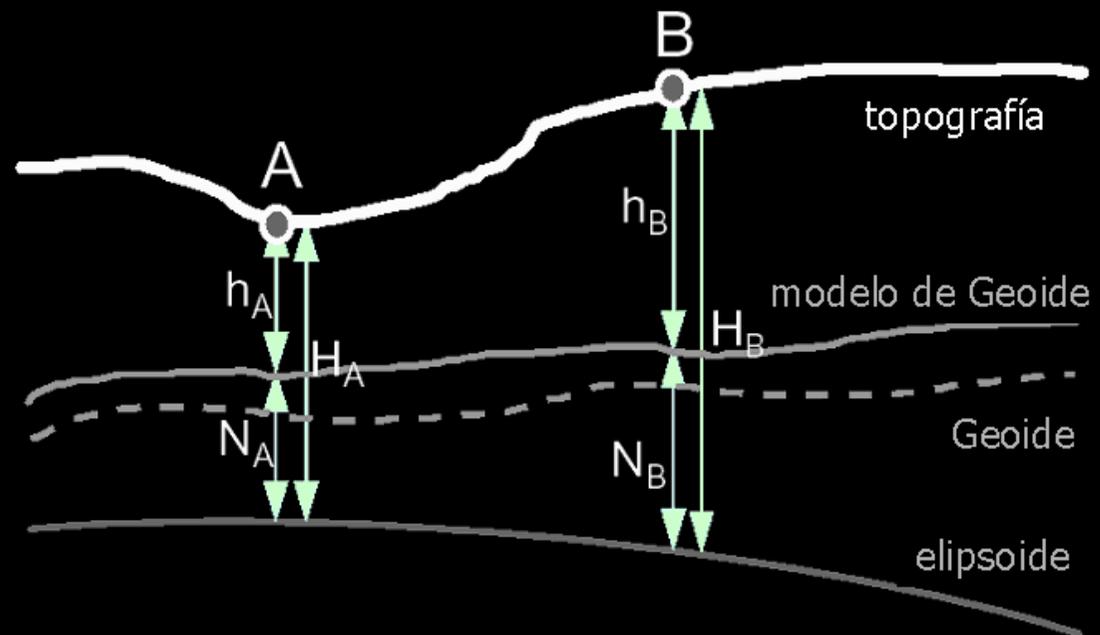
Representan la separación entre la superficie topográfica terrestre y la superficie del elipsoide, y se mide por la normal al elipsoide designándose con la letra  $h$ .

### **Alturas ortométricas**

Esta es la altura que existe entre la superficie topográfica y el geoide siendo perpendicular a este último se designa con la letra  $H$ . Por lo que será necesario conocer la gravedad verdadera entre el punto evaluado y el geoide.

## d. Tipos de altitudes

### Relación entre altura ortométrica y elipsoídica



$N$  es la separación entre Geoide y elipsoide en ese punto, también llamada ondulación del Geoide. Debido a que el Geoide es una superficie compleja, el valor de  $N$  es variable según el lugar.

## 2. Sistemas de referencia

### DEFINICIÓN

Se denomina **SISTEMA DE REFERENCIA** a un conjunto de parámetros cuyos valores, una vez definidos, permiten la referenciación precisa de localizaciones en el espacio.

A este conjunto de parámetros también se le suele llamar DATUM GEODÉSICO; el término aislado "datum" se refiere a un punto concreto, localizado sobre la superficie terrestre y que, determinado mediante observaciones astronómicas, sirve de origen al sistema de coordenadas que se utilice; este punto se denomina "punto fundamental" o "punto astronómico fundamental".

Los sistemas de referencia geodésicos definen la forma y dimensión de la Tierra, así como el origen y orientación de los sistemas de coordenadas.

## 2. Sistemas de referencia

### RED GEODÉSICA NACIONAL

En España, la red de referencia llamada Red Geodésica Nacional Convencional está referida al sistema de referencia local ED50 (European Datum 1950) aunque los vértices se están dotando progresivamente de coordenadas WGS84 y ETRS89. Esta red depende del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y consta de unos 11000 vértices.



## 2. Sistemas de referencia

### SISTEMA DE REFERENCIA ED-50

El sistema de referencia geodésico oficial español es el European Datum 50 establecido como reglamentario en el Decreto 2303/1970. El ED50 es un sistema de referencia local basado en el elipsoide internacional de Hayford de 1924. El sistema de representación plano es la proyección conforme Transversa de Mercator (UTM)

e compone de los siguientes parámetros:

- ⇒ Datum o Punto fundamental: Torre de Helmert (Potsdam).
- ⇒ Elipsoide Internacional Hayford: elipsoide de revolución definido por:

Semieje mayor (a) = 6 378 388 m

Semieje menor (b) = 6.366.992 m

## 2. Sistemas de referencia

### WGS-84, WORLD GEODETIC SYSTEM 1984

El sistema de referencia WGS84 es un sistema global geocéntrico, definido por los parámetros:

⇒ Origen: Centro de masa de la Tierra

⇒ Sistemas de ejes coordenados:

Eje Z: dirección del polo de referencia del IERS \_ *The International Earth Rotation Service*

Eje X: intersección del meridiano origen definido en 1984 por el BIH y el plano del Ecuador (incertidumbre de 0.005").

Eje Y: eje perpendicular a los dos anteriores y coincidentes en el origen.

⇒ Elipsoide WGS84: elipsoide de revolución definido por los parámetros:

semieje mayor (a) = 6 378 137 m

semieje menor (b) = 6 356 752 m

Constante de Gravitación Terrestre:

$GM = (3986004.418 \pm 0.008) \times 10^8 \text{ m}^3 / \text{s}^2$

⇒ Velocidad angular:  $W = 7292115 \cdot 10^{-11} \text{ rad/s}$

⇒ Coeficiente de forma dinámica:  $J_2 = -484,166 \ 85 \times 10^{-6}$

## 2. Sistemas de referencia

### ETRS-89 European Terrestrial Reference System

Sistema de referencia geodésico europeo. Fue propuesto por la IAG Subcommision for the European Reference Frame (EUREF). El elipsoide es el mismo que para el datum WGS84. El marco de referencia es el llamado ETRF (European Terrestrial Reference Frame).

En España, el proyecto que construye esta red se denomina REGENTE (Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales) y se finalizó en el año 2001 con la asignación de coordenadas a unos 1200 vértices de la red ED50. REGENTE tuvo como finalidad cubrir todo el territorio español con una red geodésica tridimensional de alta precisión.

La observación, iniciada en 1994 en la zona peninsular y en las Islas Canarias, se efectuó con 9 receptores GPS (doble frecuencia, 6<sup>o</sup> observable) en dos estacionamientos de tres horas cada uno por estación y registros cada 15 segundos.

El cálculo se lleva a cabo apoyado en la red IBERIA95, asegurando de esta forma la homogeneidad de REGENTE con ETRF89.

## 2. Sistemas de referencia

### CAMBIO DE SISTEMA DE REFERENCIA

$$\begin{bmatrix} X_c \\ y_c \\ Z_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \\ Z_o \end{bmatrix} + K \cdot R(\theta \quad \varphi \quad \omega) \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

traslación:  $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$   
parámetros de rotación:  $(\theta, \varphi, \omega)$   
y un factor de escala:  $K$

<http://www.cnig.es/>

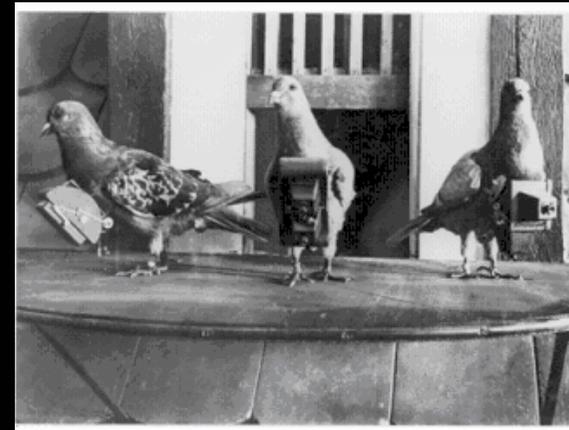
## **3. LA TELEDETECCIÓN**

# Definición

Conjunto de técnicas de captura e interpretación de información captada por sensores aerotransportados y sensibles a diferentes rangos o bandas del espectro electromagnético

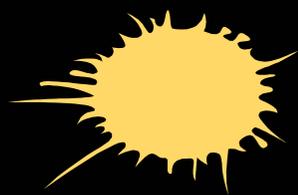
Un sistema de Teledetección está compuesto por

- ◆ fuente de energía (sensores pasivos vs sensores activos)
- ◆ sistema sensor
- ◆ sistema de recepción
- ◆ sistema de interpretación



# Conceptos

Cuando la luz del sol incide sobre un objeto, la fracción de la energía reflejada más la emitida puede ser captada por los sensores e integrar parte de la imagen digital



**energía incidente:** de origen solar  
o emitida por el propio satélite -radar-

reflejada + emitida : energía disponible  
para la teledetección



**absorbida,** transformada en calor

transmitida

# Conceptos

## ventajas

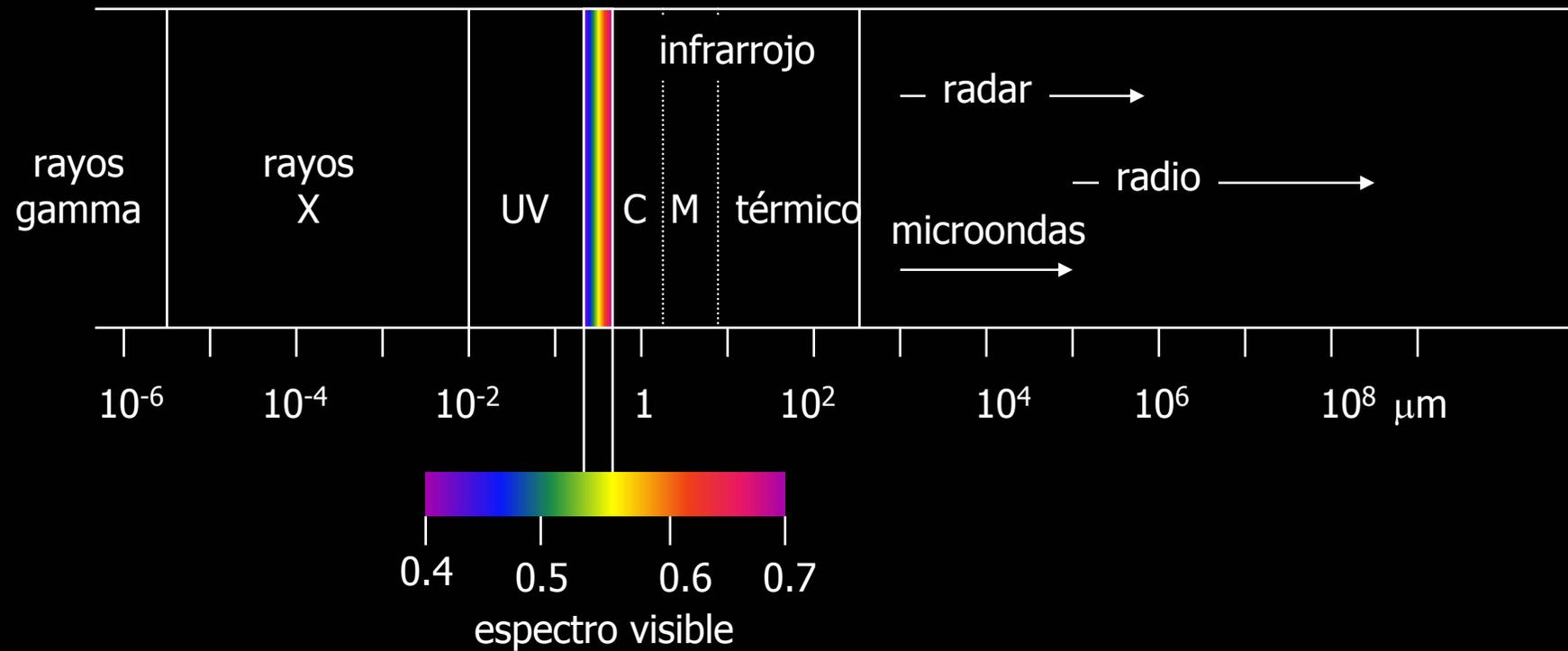
- ◆ globalidad: total cobertura terrestre
- ◆ amplitud espacial: las imágenes pueden cubrir amplias superficies
- ◆ amplitud espectral: hay sensores sensibles a zonas del espectro no visible (infrarrojo, microondas)
- ◆ periodicidad: entre 2 veces al día y 1 vez cada 15 días
- ◆ objetividad: los datos se miden con sensores calibrados
- ◆ datos digitales: susceptibles de tratamiento numérico informático y análisis estadístico

## problemas

- ◆ limitada resolución espacial: lo más frecuente son tamaños de pixel de 15-30 m, con un mínimo de 0.5 m y un máximo de 1 km
- ◆ dependencia de las condiciones meteorológicas: la mayoría de los sensores no pueden penetrar la capa de nubes

# Resolución espectral

## El espectro electromagnético



# Resolución espacial

- ◆ cada celda o *pixel* de la imagen contiene un valor de reflectancia representativo de una superficie de terreno determinada
- ◆ la magnitud de esta superficie, denominada campo de vista instantáneo (*IFOV*), define la resolución espacial de la imagen
- ◆ los valores de *IFOV* varían según el sensor utilizado:

	SENSOR	IFOV (m)	OBSERVACIONES
TERRA	ASTER	15/60	14 bandas (5 en infrarrojo térmico)
LANDSAT	TM	30/120	7 bandas (1 en infrarrojo térmico)
SPOT	HRV	10/20	4 bandas (1 pancromática)
QuickBird		0.6-2.5	1 banda (pancromático)

- ☞ cuanto menor sea el tamaño de pixel mayor será la resolución espacial y más pequeños los objetos reconocibles en la imagen

# Resolución espacial

- ♦ sensor ASTER, satélite Terra
- ♦ tamaño del pixel : 15 m
- ♦ dimensión : 72 x 86 pixeles (2160 x 2580 m)
- ♦ rango espectral: banda 1, 0,55  $\mu\text{m}$  (verde)

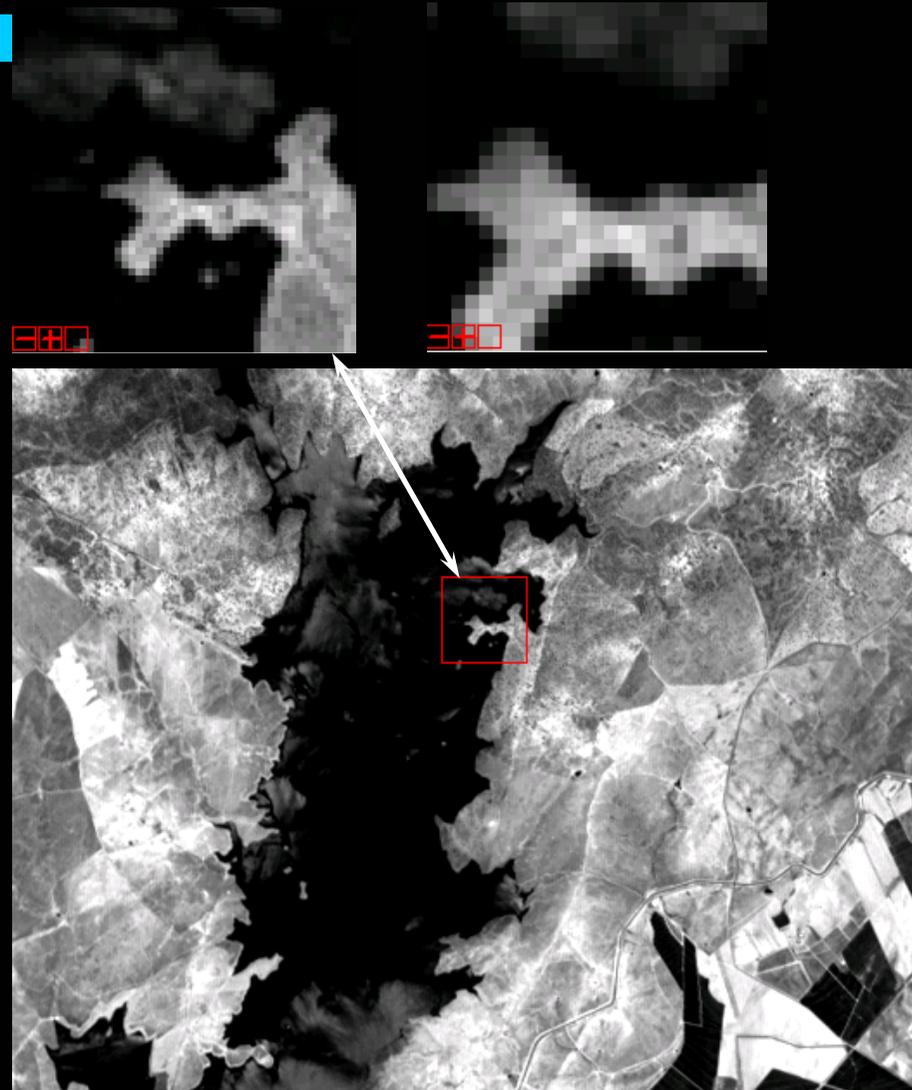
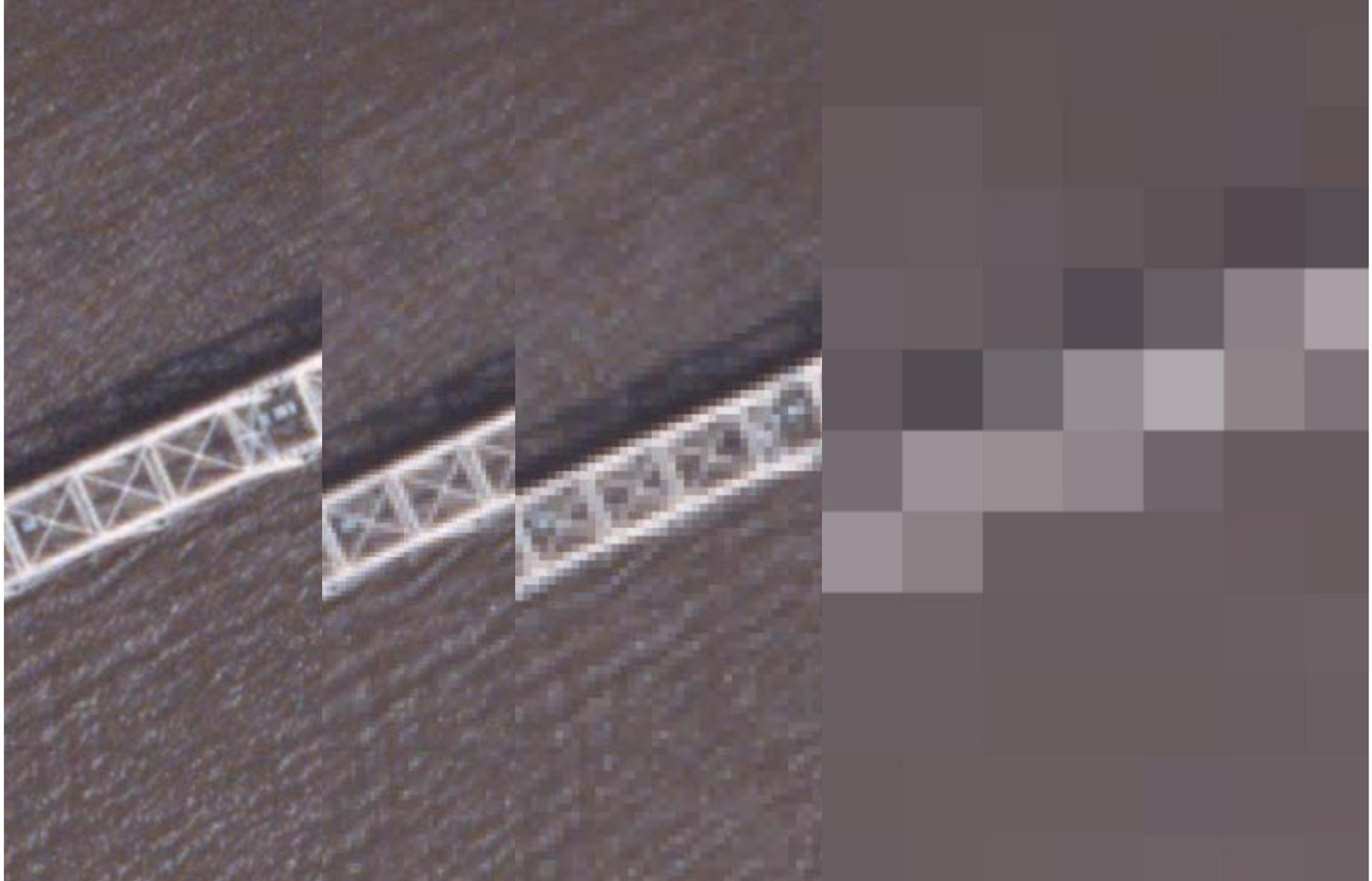


Foto Aérea Original (20cm) Simulación Qu Simulación Ikonos (1mt x pixel) Simulación Spot (10mts x pixel)



<http://www.teledet.com.uy/car-rentals.htm>

# Landsat vs SPOT

el tamaño del pixel  
condiciona la resolución  
espacial

Imagen Landsat  
IFOV = 30 m



Imagen SPOT  
IFOV = 10 m



## Resolución radiométrica

La resolución radiométrica de un sensor viene dada por el número de niveles digitales que es capaz de codificar.

256 niveles: 8 bits/pixel

1024 niveles: 10 bits/pixel

## Resolución temporal

Se refiere a cada cuánto tiempo recoge el sensor una imagen de un área particular.

# Proceso de imágenes digitales

las operaciones de proceso de las imágenes digitales pueden agruparse en cinco clases:

## preparación de los datos

- ◆ restauración: corrección atmosférica, geométrica y radiométrica
  - ◆ corrección atmosférica.
  - ◆ corrección geométrica: donde se reducen las deformaciones de la imagen y se ajusta a un sistema de proyección geográfica
  - ◆ corrección radiométrica: donde se restauran los valores digitales para eliminar defectos de calibración o fallos de sensores

## análisis

- ◆ medida de elementos o procesos
- ◆ clasificación o interpretación

## Páginas de interés

Wind daily QuikSCAT data (and other) from PO.DAAC FTP site:

<http://podaac.jpl.nasa.gov/ftp/index.html>

Digital Elevation Model of the Iberian Peninsula with 3" resolution (about 90 m). Original data from NASA SRTMission, <http://srtm.nasa.gov/>):

<http://topografia.montes.upm.es/informacion/sig/mde/index.html>

ETOPO2 Global 2-minute Gridded Elevation Data includes ocean bathymetry:

<http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/relief/ETOPO2/> (111 Mb).

Image 2000 & Corine Land Cover 2000 Project; free Landsat 7 imagery and CLC Database (Europe), <http://image2000.jrc.it/>

27800 Landsat scenes, 235 MODIS composites, 803 ASTER scenes and other satellite imagery from the Global Land Cover Facility, <http://landcover.org/index.shtml> (University of Maryland) or <http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>

Global SPOT Vegetation data (ten day global syntheses), 1 km resolution:

<http://free.vgt.vito.be/>

Processed SRTM 90m Digital Elevation Data for the globe available from the CGIAR Consortium for Spatial Information, <http://srtm.csi.cgiar.org/>