



# Sistemas de Coordenadas Terrestres.



## Indice.

1. Forma y dimensiones de la Tierra.
2. Medida del Radio de la Tierra.
3. Geoide y Elipsoide Terrestre.
4. Sistemas de Coordenas sobre la superficie de la tierra.
5. Coordenadas geográficas astronómicas.
6. Coordenadas geográficas geocéntricas.
7. Coordenadas geográficas gedésicas
8. Mapas.
9. Diferentes tipos de Proyecciones.
10. El Problema de la Medida de la Longitud.
11. Distancia entre dos localidades.



## Forma y dimensiones de la Tierra.

La forma de la superficie de la Tierra es aproximadamente esférica, achatada por los polos. No tiene una forma matemática simple. Su forma real se denomina **Geoide** pero suele aproximarse por la de un elipsoide de revolución.

◇ El radio ecuatorial de la tierra es:  $R_{EC} = 6378,160\text{km}$

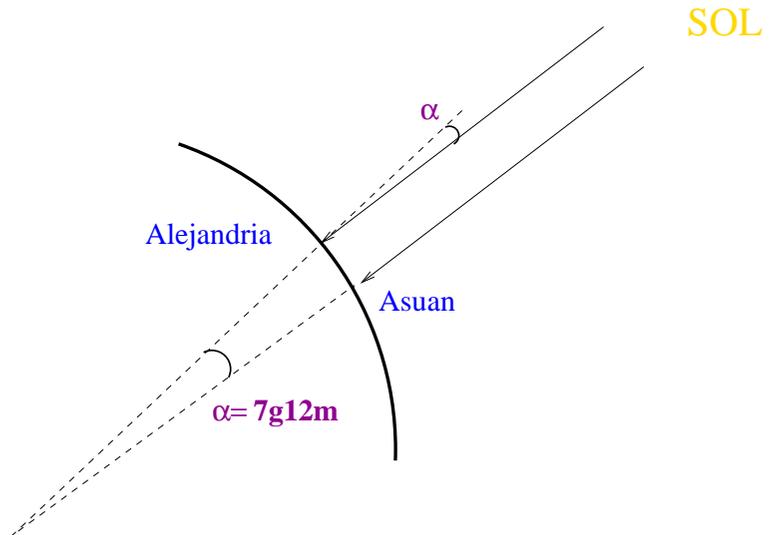
◇ El achatamiento:

$$\frac{a - b}{a} = \frac{1}{298,25}$$

por tanto, el radio polar es:  $R_{POL} = 6356,775\text{km}$



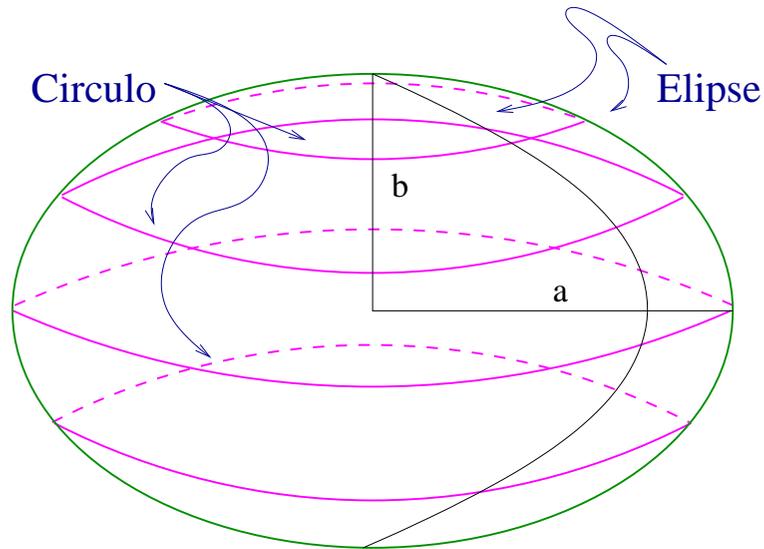
## Medida del Radio de la Tierra.



Eratóstenes midió la curvatura de la Tierra midiendo el mismo día la diferencia entre la sombra proyectada por un objeto en Alejandría y en Asuán.



## Geoide y Elipsoide Terrestre.



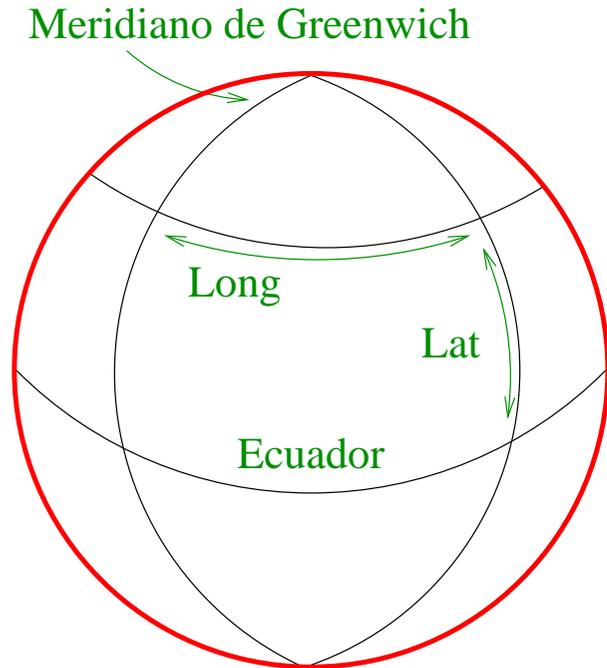
- Se denomina **Geoide Terrestre** a la superficie que en cada punto es perpendicular al campo gravitatorio terrestre. Corresponde a la superficie libre de los océanos, prolongada en el lugar ocupado por los continentes.

- La forma de la tierra es muy complicada. Suele aproximarse por la de un elipsoide de revolución. Los meridianos son elipses y los paralelos son círculos. La forma de la tierra está definida por el radio ecuatorial  $R_{EC} = 6378,160\text{km}$  y el achatamiento

$$\frac{(a - b)}{a} = \frac{1}{(298,25)}$$



## Sistemas de Coordenadas sobre la superficie de la Tierra.



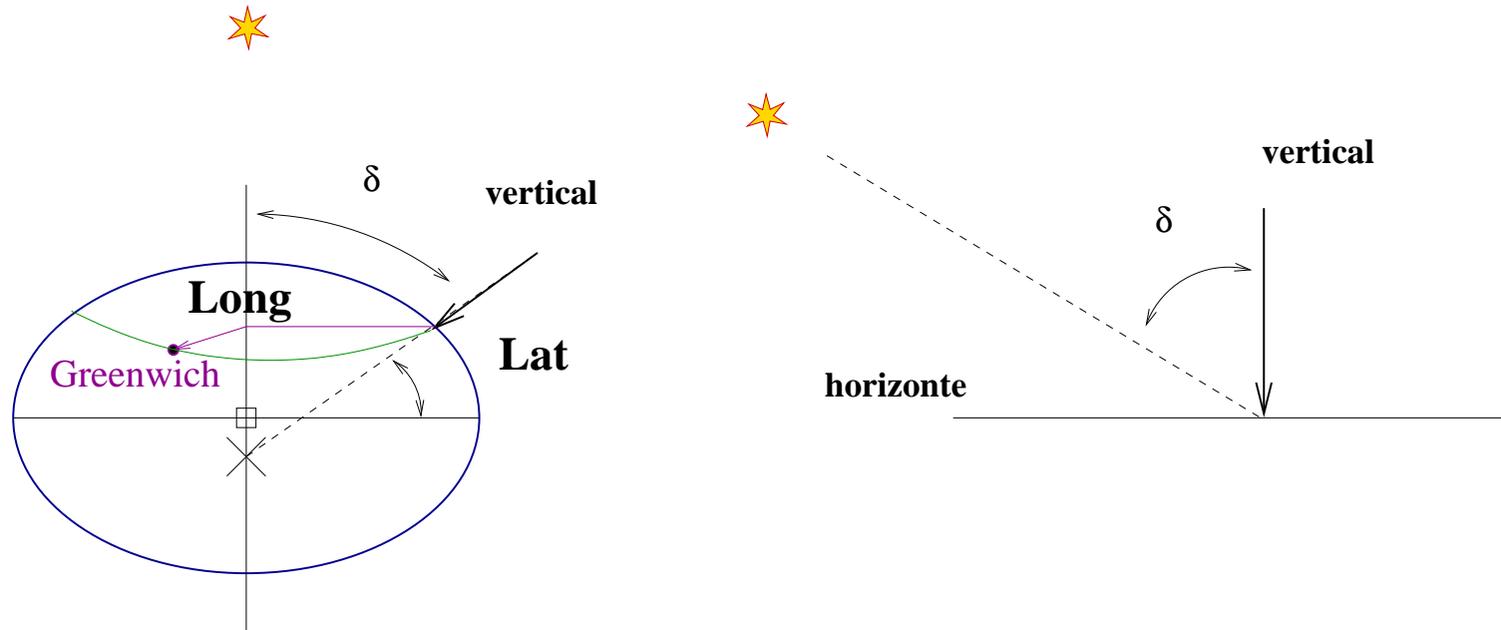
♡ Para determinar la posición de una localidad en la superficie de la tierra sólo debemos especificar dos coordenadas angulares: **Latitud** y **Longitud**. NECESITAMOS definir un plano fundamental, el ecuador, y un origen de azimutes, el meridiano de Greenwich.

♡ La Latitud se mide a partir del ecuador. Varía entre  $[90^{\circ}N, 90^{\circ}S]$ .

♡ La Longitud se mide a partir del Meridiano de Greenwich. Varía entre  $[180^{\circ}E, 180^{\circ}W]$ . Las coordenadas son positivas hacia el OESTE, negativas hacia el ESTE.



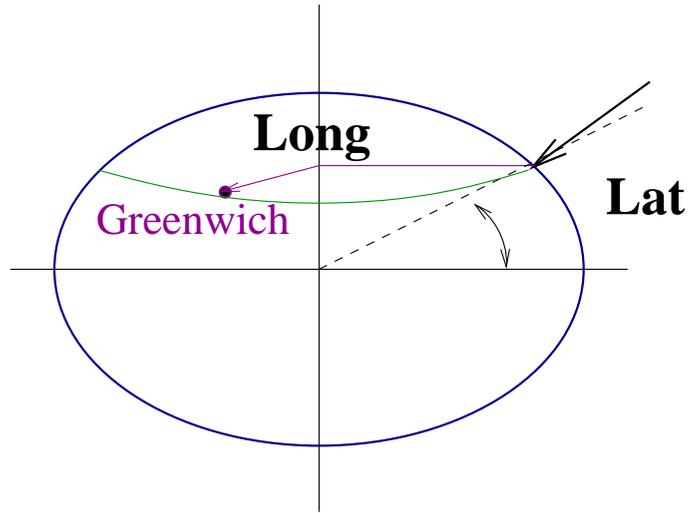
## Coordenadas geográficas astronómicas.



♡ Las coordenadas geográficas astronómicas se definen a partir de la dirección de la plomada. La latitud se mide desde el ecuador, y la longitud desde el meridiano de Greenwich a lo largo de un paralelo. La latitud se deduce a partir de la altura de la Polar sobre el horizonte.



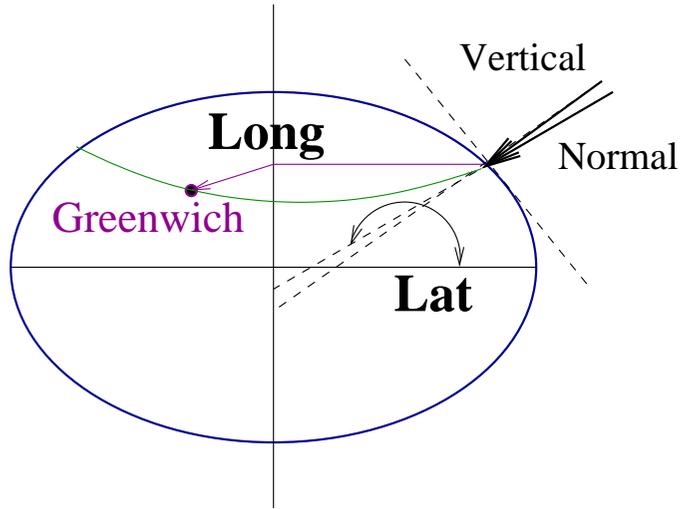
## Coordenadas geográficas geocéntricas.



♡ En las coordenadas geográficas geocéntricas la latitud se define a partir del centro de la tierra. Es el ángulo formado por la posición de la localidad con el centro de la tierra medido desde el ecuador.



## Coordenadas geográficas geodésicas.



♡ Las coordenadas geográficas geodésicas se definen a partir de la normal al elipsoide terrestre en cada localidad. La Latitud se mide a partir de la línea normal al esferoide en la localidad con la normal al esferoide en el ecuador.



## Mapas.

♠ Toda representación de la superficie de la tierra o una parte de ella en un plano, se denomina MAPA.

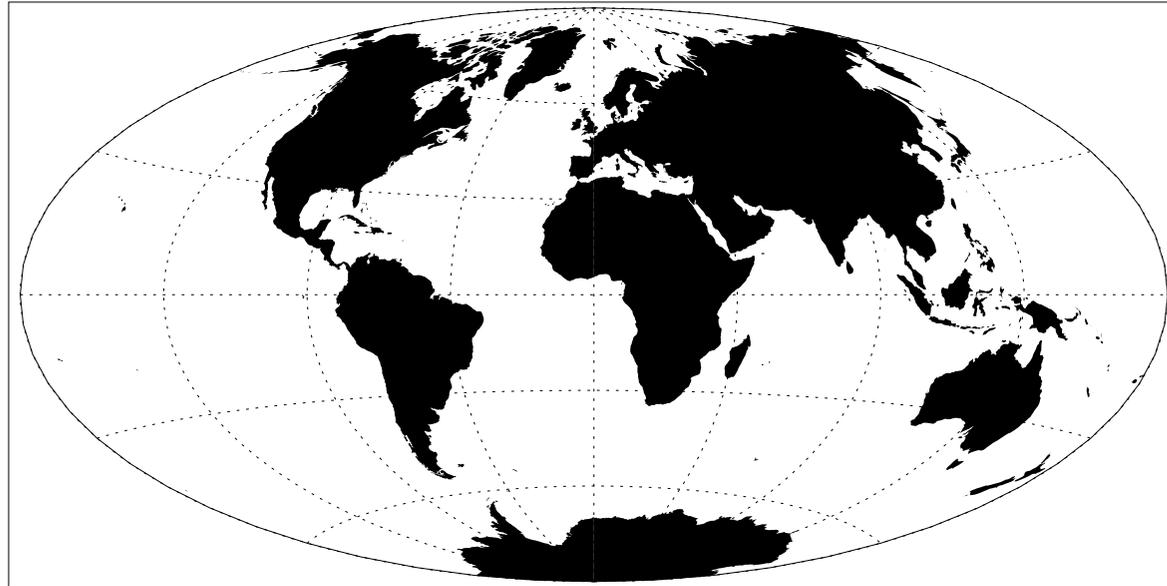
♠ Cuando a un punto de la superficie de la tierra, de coordenadas (Lat, Long) le hacemos corresponder un punto del plano, de coordenadas  $(x, y)$ , se dice que efectuamos una PROYECCION de la superficie de la tierra sobre el plano. Las proyecciones no son únicas. Cada proyección tiene su peculiaridad.

- En la proyección de Mercator, se conservan los ángulos entre meridianos y paralelos, se trasladan a líneas perpendiculares entre sí.
- En la proyección de Aitoff, se conservan las áreas.
- En la proyección de Mollweide, las áreas se conservan y también los paralelos son paralelos.



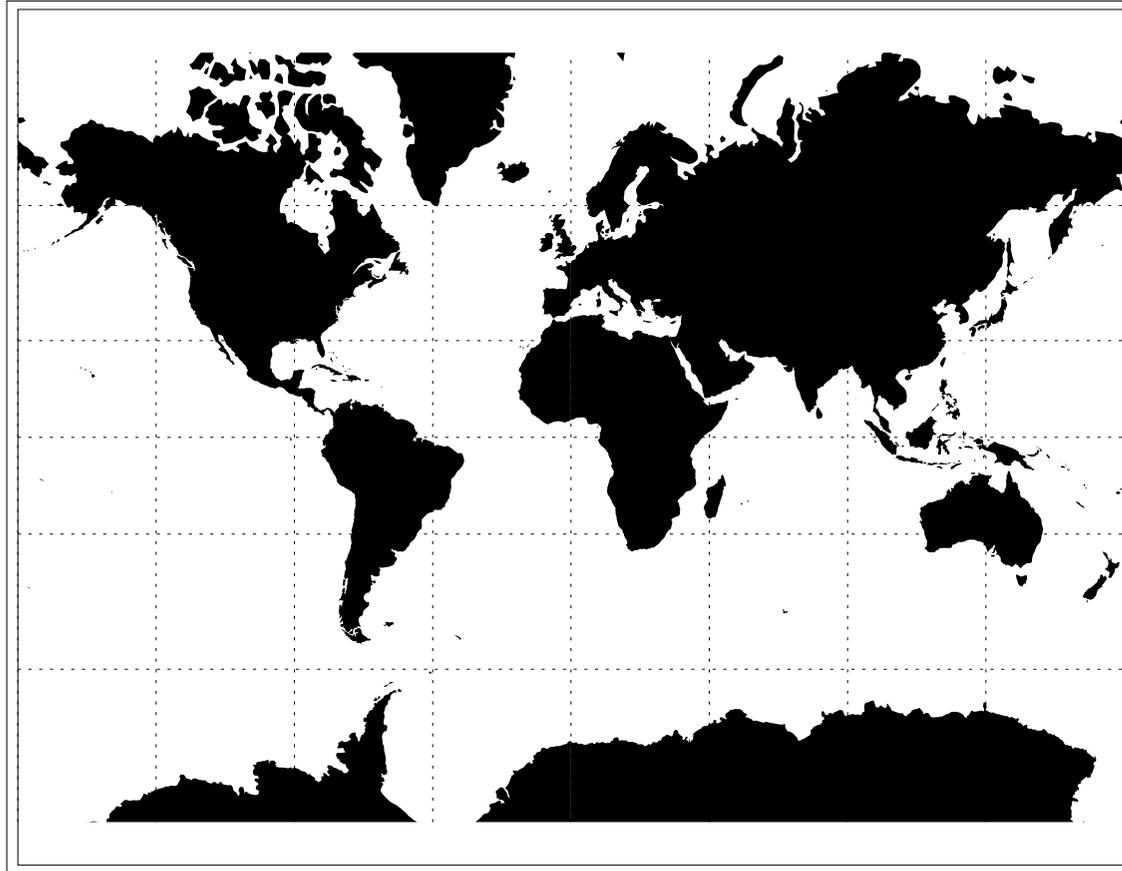
## Diferentes tipos de proyecciones.

Aitoff



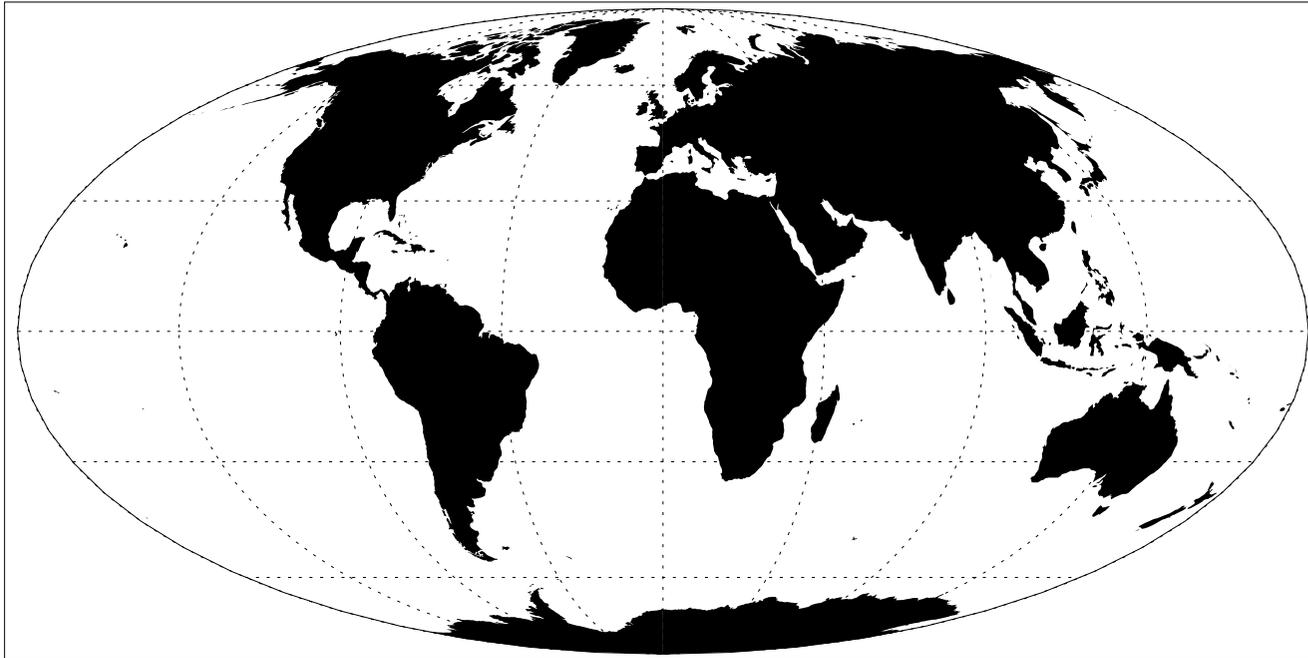


## Mercator



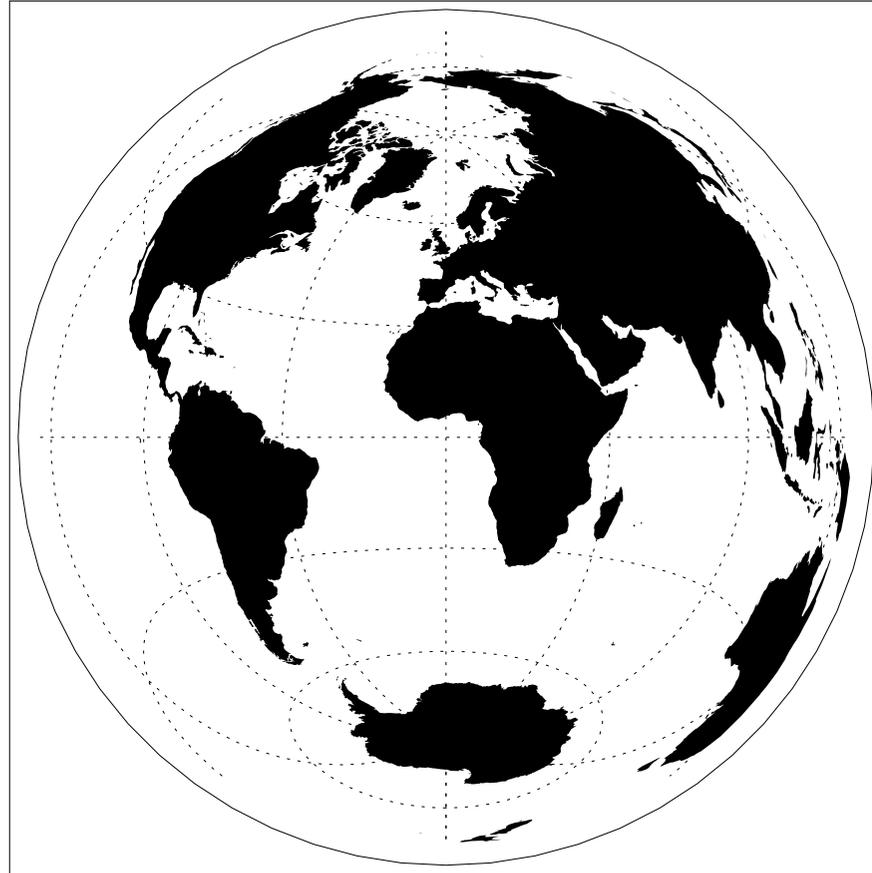


## Mollweide





## Lambert





## El Problema de la Medida de la Longitud.

- ⊙ Dado que el eje de rotación de la tierra hace que existan dos puntos fijos en la esfera celeste (ejemplo, la estrella polar), la latitud puede medirse a partir de la altura de esos puntos sobre el horizonte.
- ⊙ La medida de la longitud, la distancia entre dos meridianos no es tan fácil. Por ejemplo, si es mediodía en una localidad, y está amaneciendo en otra, su diferencia en latitud es de unos  $90^{\circ}$ . Pero para hacer esta medida, necesitamos comunicar instantáneamente la altura del sol (u otro astro) en nuestra localidad, o que exista un fenómeno astronómico simultáneamente en ambas localidades.
- ⊙ Las distancia entre los meridianos de dos localidades distintas se medían durante los eclipses solares que fuesen visibles desde ambas localidades.



## Problemas.

♡ Uno de los problemas cartográficos más importantes era determinar la distancia mínima entre dos localidades. Por ejemplo, calcular la distancia que recorre un avión que vuela desde Madrid ( $40^{\circ}24'30''N, 0h14'45''W$ ) a Nueva York ( $40^{\circ}48'35''N, 4h55'50''W$ ) a lo largo de un paralelo, y a lo largo de la ruta más corta. Tómese como radio de la tierra  $R_T = 6378km$ .

♡ Desde un observatorio se mide la altura de la estrella Polar y se encuentra que es de  $30^{\circ}$ . Calcular la latitud de dicho observatorio. ¿Cuál sería su longitud?.



## Solución Problema I.

♡ Uno de los problemas cartográficos más importantes era determinar la distancia mínima entre dos localidades. Por ejemplo, calcular la distancia que recorre un avión que vuela desde Madrid ( $40^{\circ}24'30'' N, 0h14'45'' W$ ) a Nueva York ( $40^{\circ}48'35'' N, 4h55'50'' W$ ) a lo largo de un paralelo, y a lo largo de la ruta más corta. Tómese como radio de la tierra  $R_T = 6378km$ .



- De los datos deducimos que  $c = 90^{\circ} - 40^{\circ}24'30'' \approx 50^{\circ}$  y  $b = 90^{\circ} - 40^{\circ}48'35'' \approx 50^{\circ}$ ,  $A = 4h55'50'' - 0h14'45'' = 4h41'10'' \approx 70^{\circ}$ . De la ecuación:

$$\cos a = \cos A \sin b \sin c + \cos b \cos c.$$

Deducimos que  $\cos a = 0.613882$  y  $a = \arccos(0.613882) = 0.909827rad = 52.13^{\circ}$



Por tanto, la distancia que hay desde Madrid a NY por la ruta más corta es:

$$d(MAD - NY) = R_T \cdot a = 6378km * 0.909827 = 5803km$$

donde el ángulo se mide en radianes.

- La distancia angular entre Madrid y NY a lo largo de un paralelo es de  $A = 4h41'10'' = 70.2971^\circ = 1.22682 \text{ rad}$ . Por tanto la distancia es:

$$d_P((MAD - NY) = R_{Paralelo} \cdot A$$

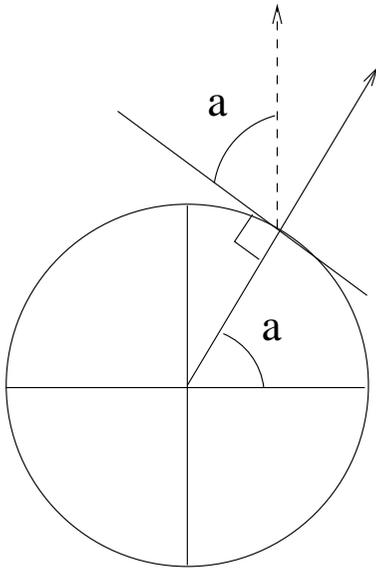
. Calculamos el radio del Paralelo:

$$R_{Paralelo} = R_T \sin(90^\circ - Lat(NY)) = 4885.8km \Rightarrow d_P((MAD - NY) = 5994 \text{ km}$$

- **Conclusión: seguir la ruta más corta ahorra 200km al vuelo**



## Solución Problema II.



♡ Desde un observatorio se mide la altura de la estrella Polar y se encuentra que es de  $30^\circ$ . Calcular la latitud de dicho observatorio. ¿Cuál sería su longitud?

Como se ve en la figura, para una localidad cualquiera, la altura de la Polar ( $a$ ), esto es, el ángulo que forma con el horizonte, es igual a la latitud de dicha localidad.