Medi-Universo 1

La Tierra (medios terrestres)

Autor:
José Luis Valbuena

Medimos la Tierra

Medi-Universo 1
La Tierra
(medios terrestres)

Se ha empleado información gráfica de http://bancovalbu.topografia.upm.es/

© Valbuena

Edición 2019 - XII

Parte 1
Medición de la Tierra con medios terrestres

La serie Medi-Universo describe cómo ha evolucionado nuestra capacidad de medida a partir de una Tierra evidentemente plana, y alrededor de la que todo gira, hasta escudriñar los límites del Cosmos.

Consta de cuatro partes:

1- MEDICIÓN DE LA TIERRA CON MEDIOS TERRESTRES
2- *Medición de la Tierra usando satélites*
3- *Medición de la Tierra usando cuásares*
4- *Medición del Cosmos*

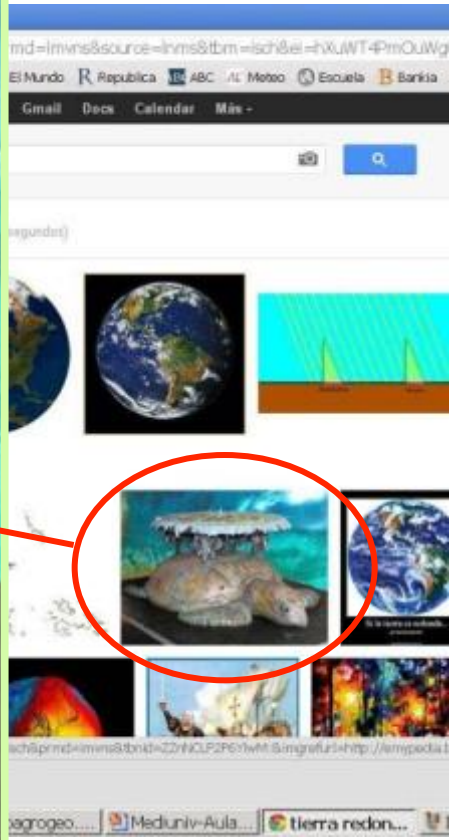
He invertido muchas horas, desde hace mucho tiempo y poniendo mucha ilusión.
Espero que lo disfrutes.

El Valbu

Comienzos

Inicialmente la Tierra se creía plana e inmóvil; además, tenía que ser el centro del Universo porque todo giraba a su alrededor.

Buscando en Internet "Tierra plana o redonda" aparecen diversas imágenes:



Este es el mito hindú de Tierra plana y circular, sobre cuatro elefantes que estaban sobre una tortuga que estaba sobre…

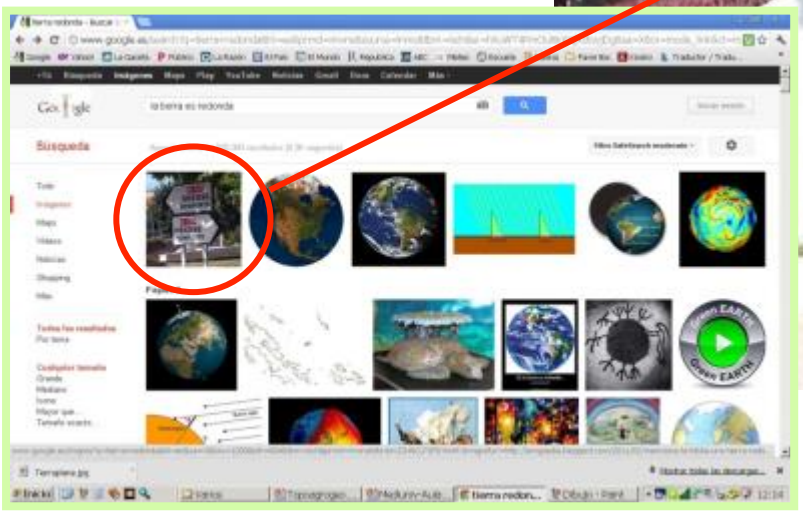
Delhi

Por supuesto, el centro tenía que ser Delhi, la capital india antecesora de Nueva Delhi

Buscando en Internet:

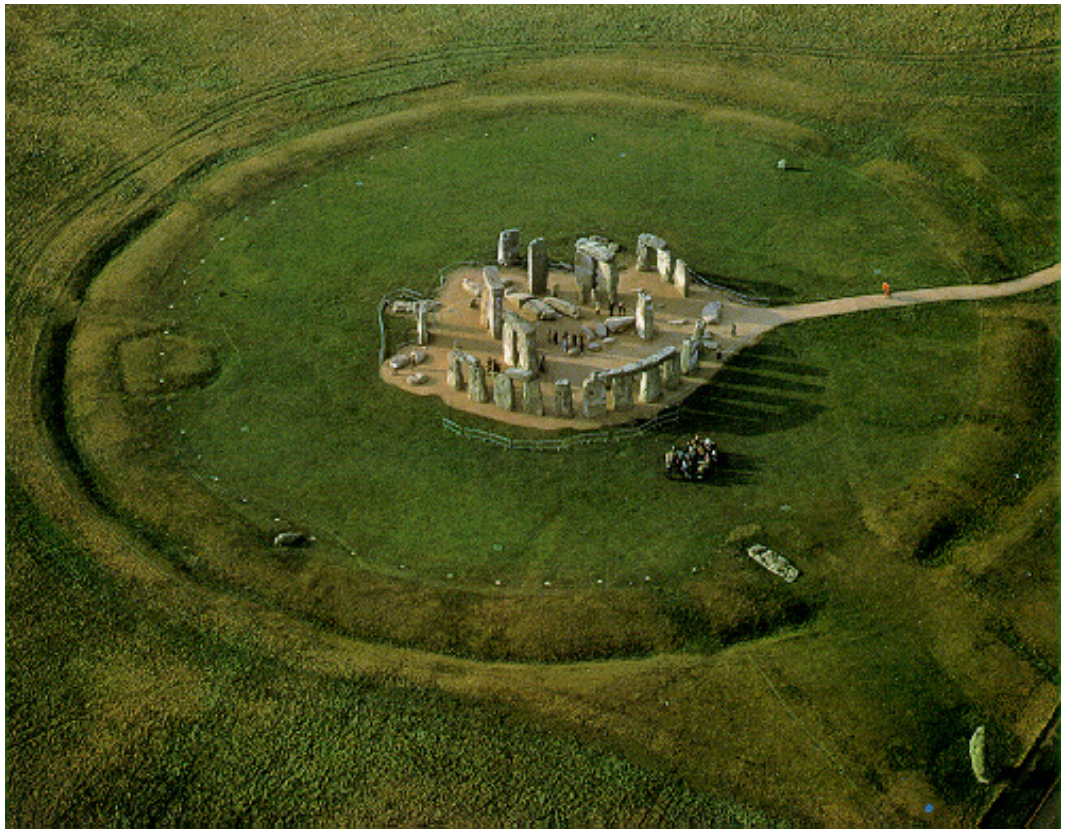
Resultados de Tierra plana…

… y de Tierra redonda:



Pero la redondez de la Tierra siguió siendo una hipótesis hasta 1522, cuando finalizó la expedición de Magallanes.

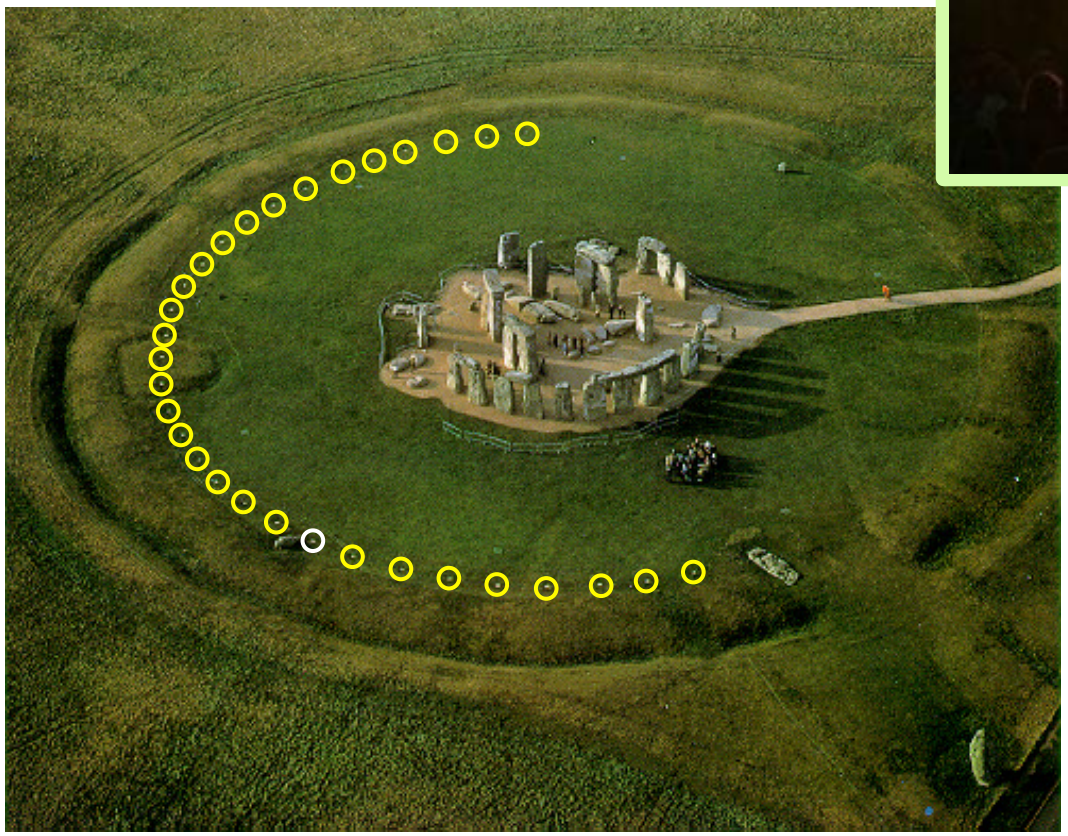
Los constructores de Stonehenge, el conjunto megalítico de Salisbury, del sur de Inglaterra, en pleno neolítico (entre el 2800 y el 2200 a.C.), tenían que saber Astronomía y que la Tierra no era plana



Con las instalaciones actuales se pueden predecir todos los eclipses de Sol y de Luna

Desplazando tres piedras entre los poco conocidos agujeros de Aubrey (hay 56), siguiendo unas pautas astronómicamente fijadas,

al coincidir: ¡Eclipse!

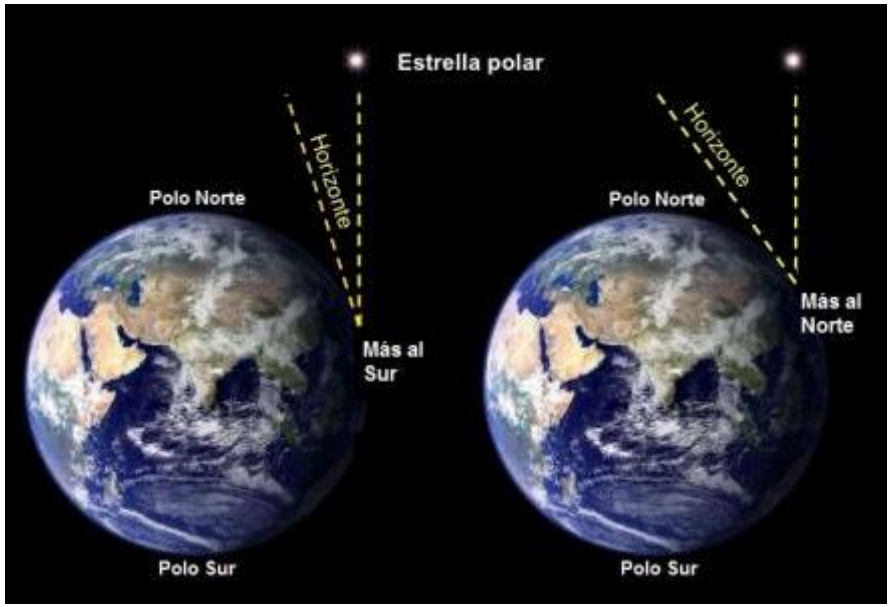


Puesta "en hora" en el solsticio de verano, en el momento en que desde la *Altar Stone* se veía el Sol al amanecer alineado entre las *Heel Stones*

Aún así, todos pensaban que, obviamente, la Tierra, plana e inmóvil, era el centro del Universo…

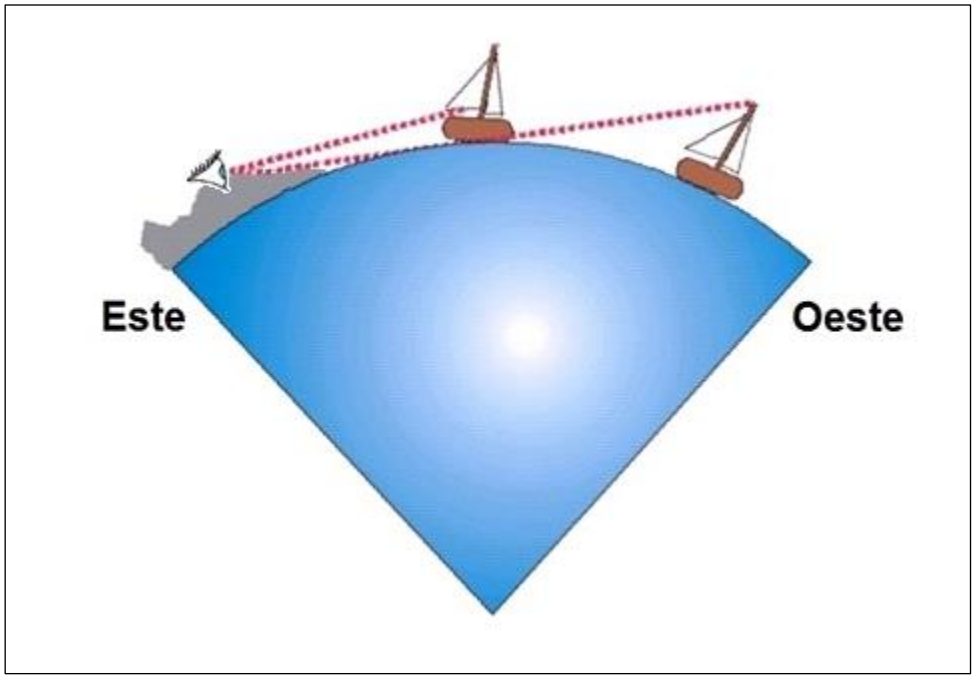
… en forma de galleta

… pero Anaximandro de Mileto, hacia 550 a.C., propuso que debía tener forma de cilindro, con generatriz este - oeste.



Su razonamiento era muy lógico porque al moverse hacia el norte las estrellas -p. ej., la Polar-, se 'alzaban' del horizonte; y viceversa. Además, los barcos, al ir hacia el norte o el sur, desaparecían en el horizonte

Pero como los barcos también desaparecían al alejarse hacia el este o el oeste, también en ese sentido debía haber curvatura: la Tierra tenía que ser esférica

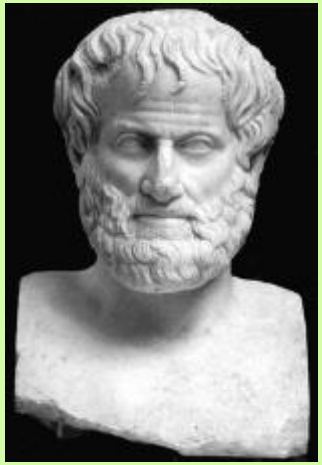


La escuela pitagórica (500 a.C.) se pronunciaba claramente por la esfericidad terrestre.

Hacia 350 a.C. Heráclides de Ponto mantenía que el movimiento de la bóveda se debía al giro terrestre. ¿Quizá Mercurio y Venus giraran alrededor del Sol…?

¿Podría ser que el Sol estuviera quieto y la Tierra estuviera girando a su alrededor…?

En el 340 a.C., Aristóteles estableció la tesis de la redondez de la Tierra por tres argumentos:

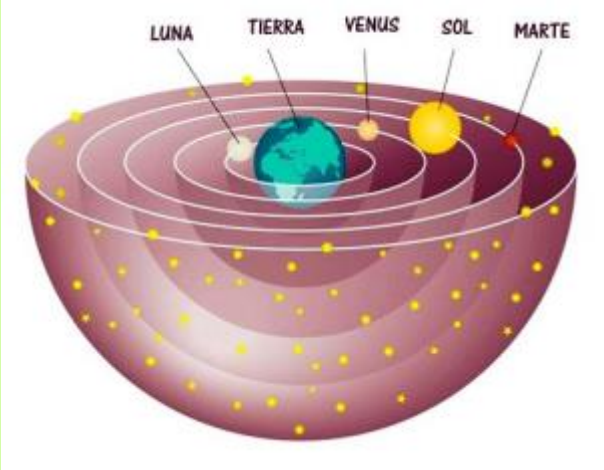


1- En los eclipses lunares siempre se observa que la sombra de la Tierra sobre la Luna tiene forma de arco de circunferencia.

2- La diferencia en la posición aparente de la estrella Polar desde Grecia y desde Egipto. Incluso calculó la circunferencia de la Tierra en 400.000 estadios (más de 80.000 km).

3- En el mar cuando un barco aparece en el horizonte se ven primero las velas y posteriormente el casco del barco.

Pensaba que la Tierra estaba quieta, con el Sol, la Luna, los planetas y las estrellas moviéndose a su alrededor en órbitas circulares y con velocidad uniforme. El movimiento circular, el más perfecto que existe, debía gobernar los cielos.



A finales del siglo IV a.C., Anaxágoras de Clazomenæ mantenía que el Sol no era un dios sino una roca incandescente, «*… quizá mayor que el Peloponeso*» (algo así como Galicia); y que la Luna reflejaba la luz del Sol.

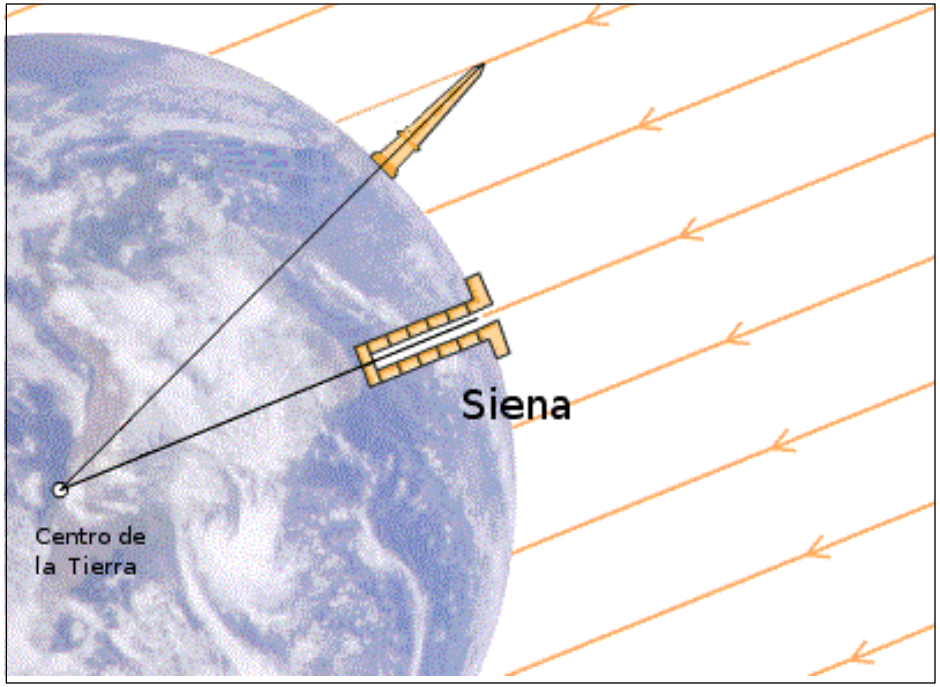
Como Galicia de grande

El Peloponeso

Condenado a muerte por impío, tuvo la suerte de ser sólo desterrado.

A mediados del siglo III a.C. Eratóstenes, el primer geodesta, midió el perímetro de la Tierra

Había observado que, durante el solsticio de verano, en Siena (hoy Asuán) el Sol estaba en la vertical de los pozos al mediodía porque su luz llegaba hasta el fondo.

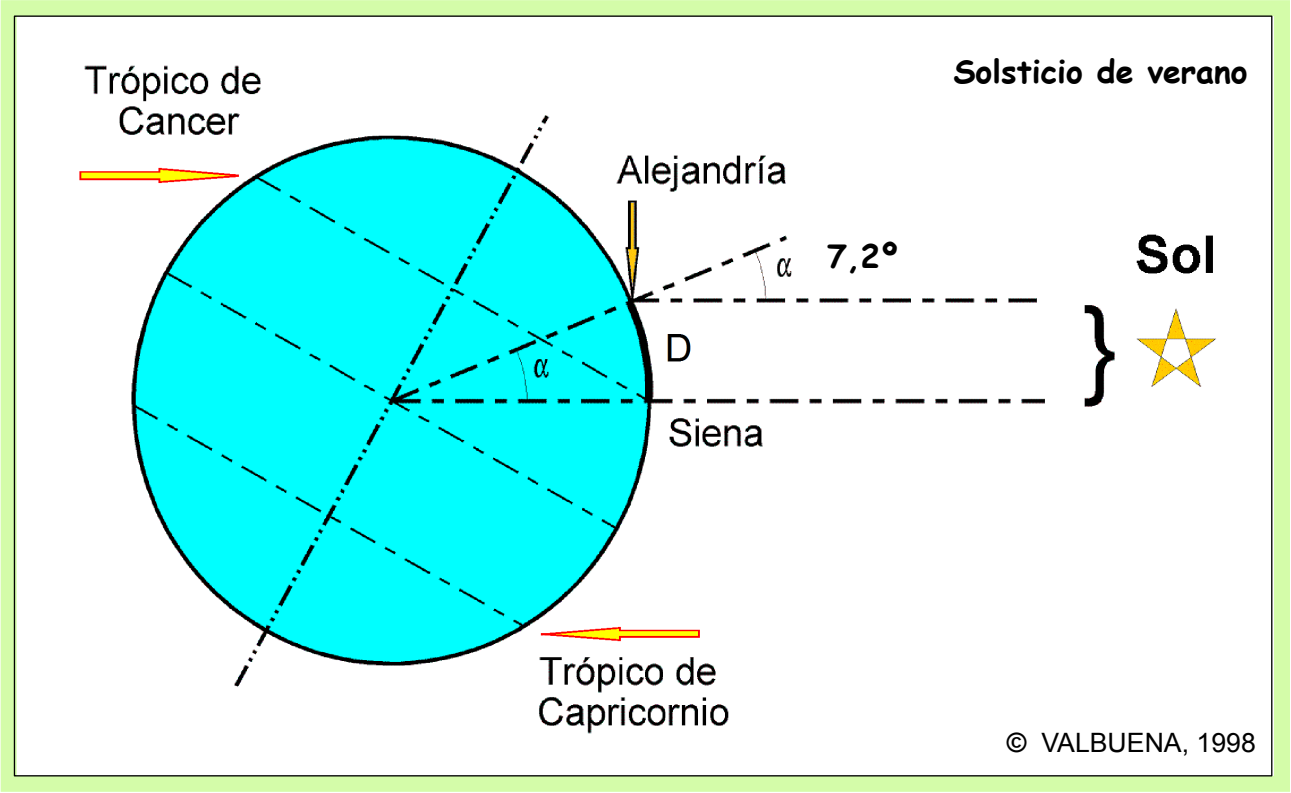


Siena tenía que estar en el Trópico de Cáncer (casi lo está).

Pero en el mismo momento, más al norte (o al Sur) los postes sí daban sombra al mediodía.

Marchó a Alejandría, que esta al Norte de Asuán (casi lo está), y en el solsticio de verano midió el ángulo α que formaba un nomon, o puntero vertical, con su sombra.

Razonaba que el ángulo medido (7,2°) tenía que corresponder al segmento D de la circunferencia terrestre, con perímetro P.

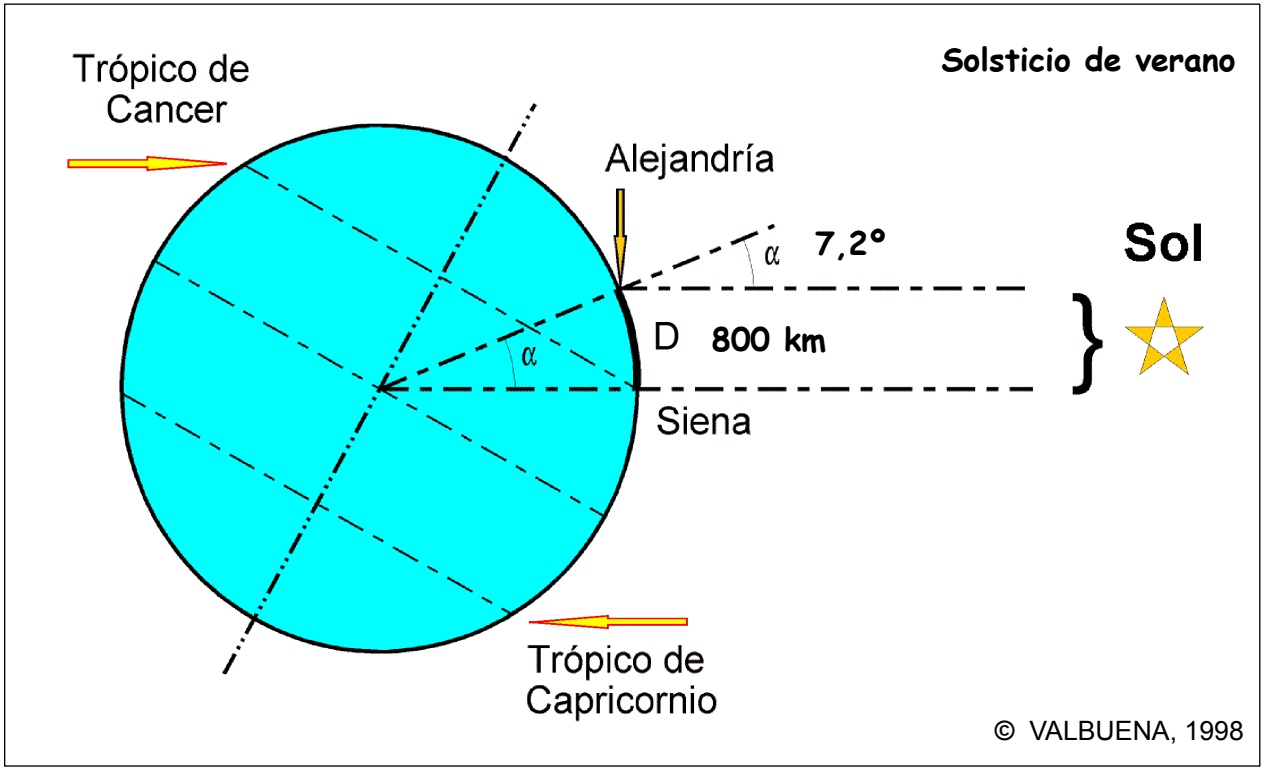


Después tenía que conocer la distancia D, y lo hizo aprovechando una ruta de caravanas casi recta que unía ambas ciudades de N a S.

Lo consiguió encargando contar el número de pasos que daban entre ambas ciudades los camellos de las caravanas, después de haber talonado la longitud media de sus pasos.

La medida de D, en estadios, era unos 800 km actuales.

Así: $P = D \cdot \frac{360}{7,2}$

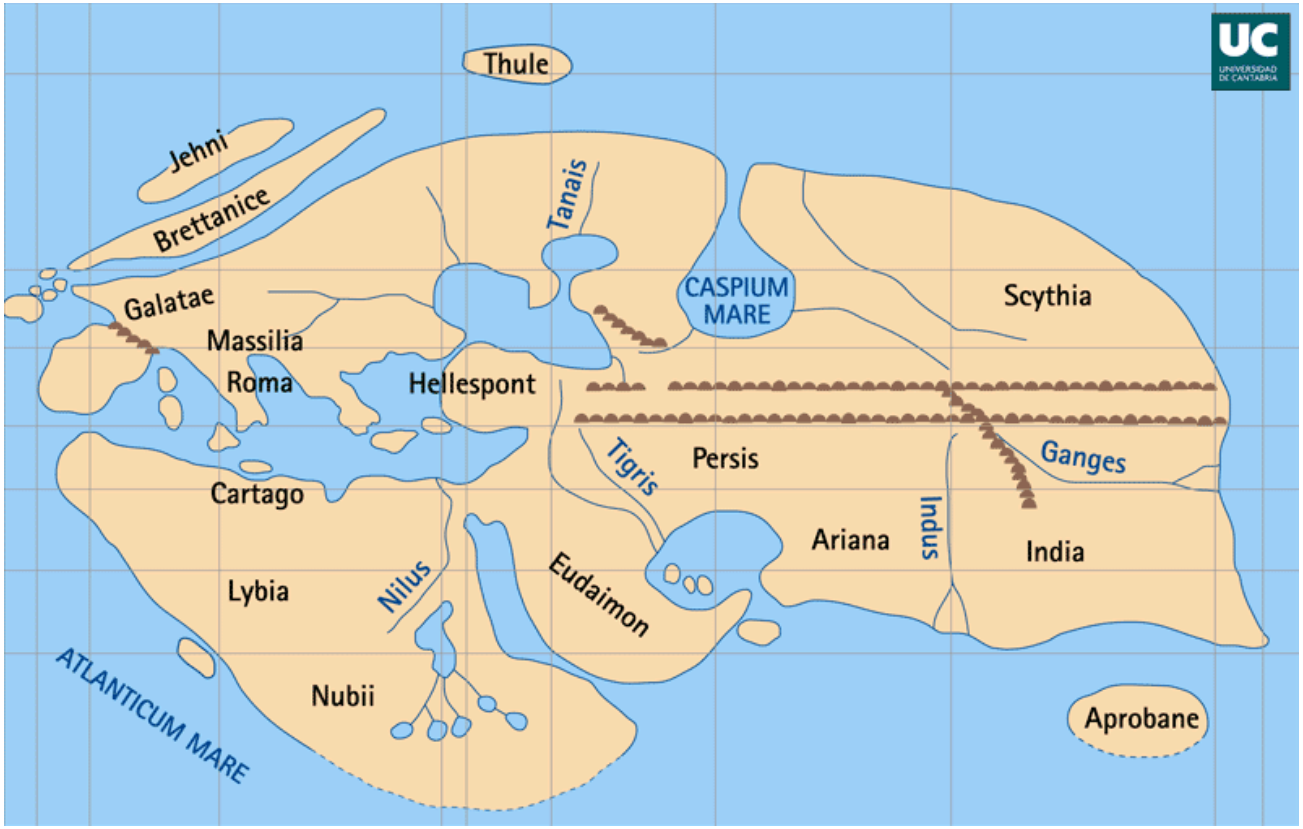


Los errores provenientes de los 'casi' y de la no muy exacta medida de la distancia, afortunadamente tendieron a compensarse

El perímetro de la Tierra resultaba tener 250.000 estadios. No se conoce exactamente el valor del estadio, pero debía de equivaler a unos 158 m. Su medida fue muy buena: 39.500 km.

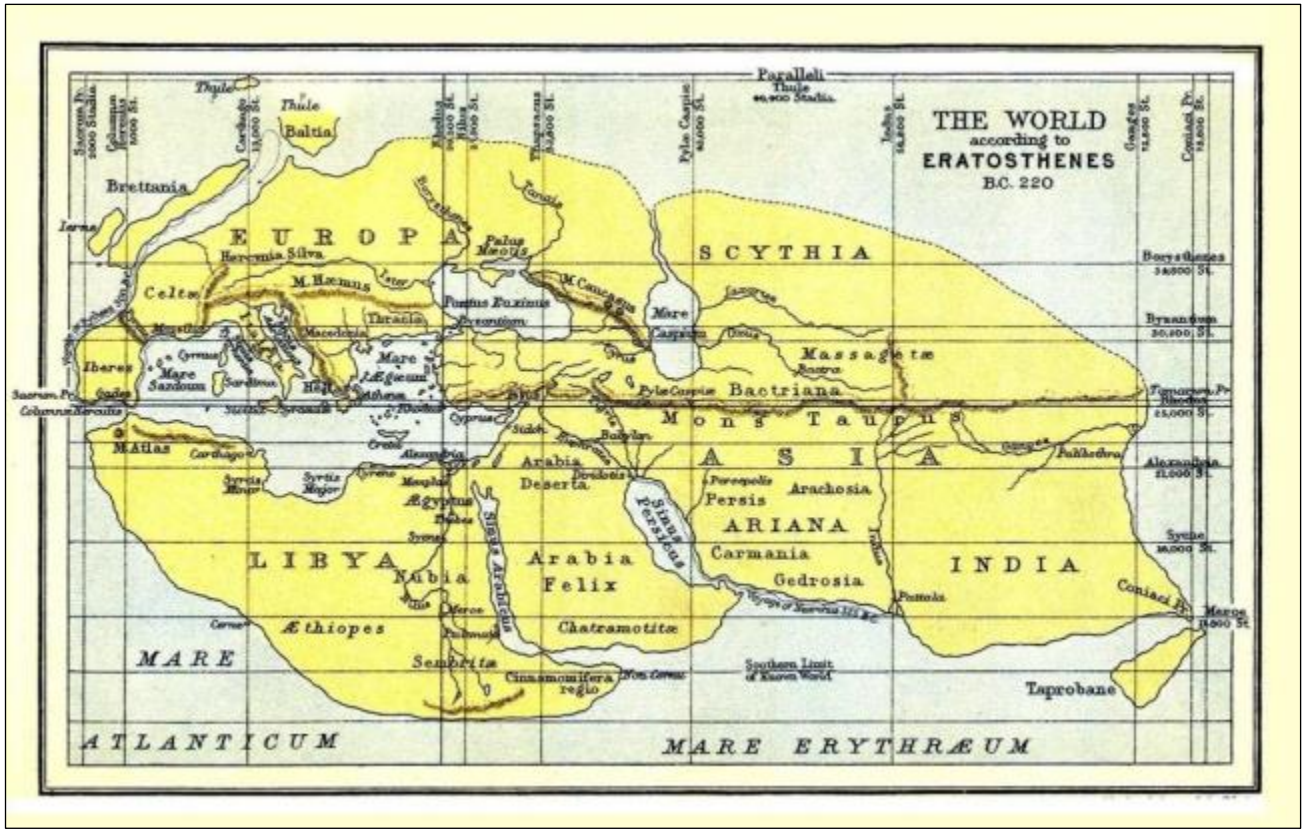
Pero este tamaño era perturbador e inquietante, y pareció entonces desmesurado. De ser cierto, la superficie de la Tierra sería, como poco, seis veces mayor que toda la conocida.

Hacia 220 a.C. Eratóstenes dibujó uno de los más antiguos mapas del mundo explorado



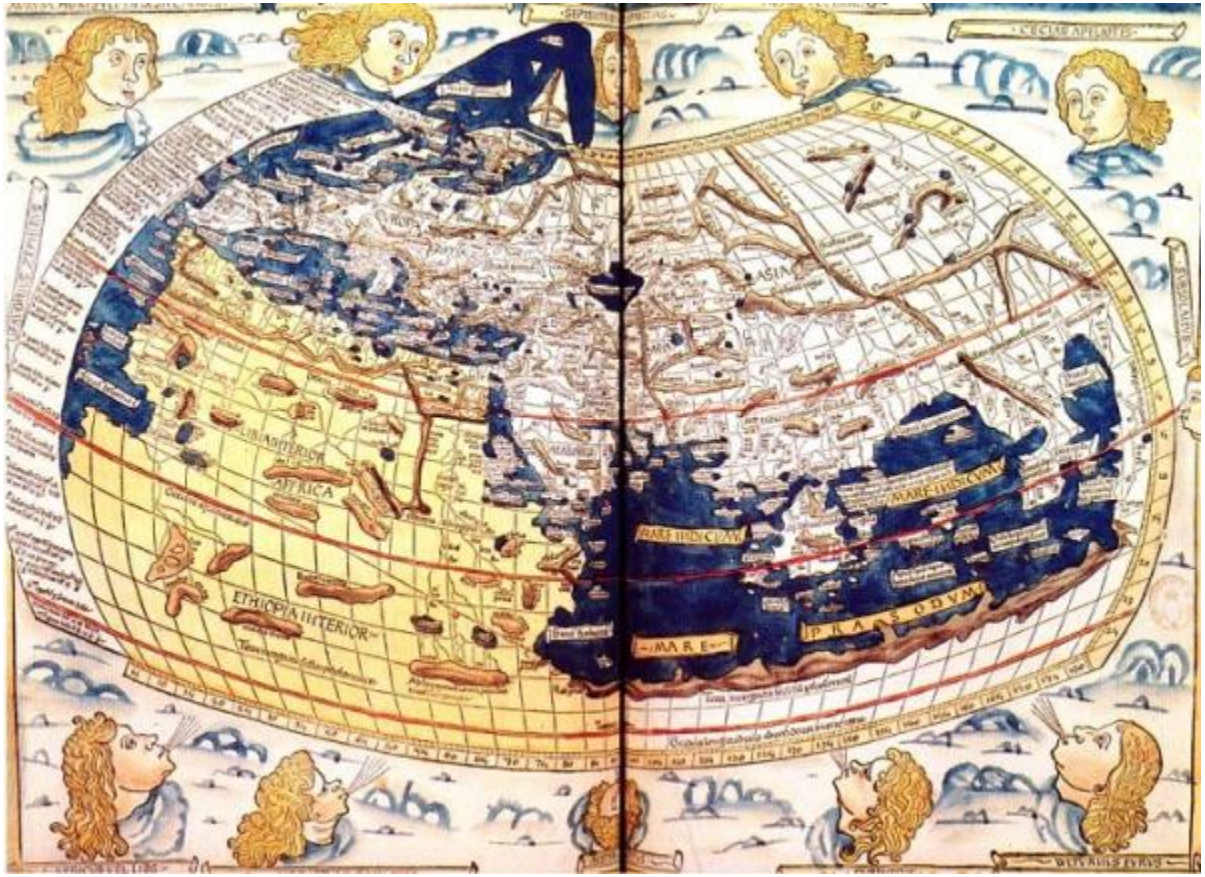
Eratóstenes perfeccionó las artes cartográficas proponiendo un sistema irregular de paralelos y meridianos para ubicar cada punto en el mapa. Atendiendo a los conocimientos aportados por los topógrafos que acompañaron a Alejandro Magno en sus campañas asiáticas, dibujó un nuevo mapamundi que perfeccionaba los anteriores de Anaximandro y Hecateo, completando el continente asiático hasta la India.

Introdujo tierras nuevas, como la isla Aprobane (Taprobana), que sería Skri Lanka o Sumatra



Basándose en recálculos de Posidonius, Tolomeo propuso en el siglo II una circunferencia terrestre de sólo 28.350 km, un 30 % menor que la real, pero entonces más verosímil.

370 años después de Eratóstenes, Tolomeo también hizo un mapa del mundo, muy bien configurado



La medida de Tolomeo persistió hasta el Renacimiento. Colón, creyéndola, se planteó ir a las Indias hacia el oeste, aunque se tropezó con algo antes de llegar (si no, se muere).

Para hacer mediciones precisas hubo que esperar a finales del siglo XVI, disponiendo ya de anteojos y nonios, termómetros, barómetros…, así como de tablas de logaritmos y de líneas trigonométricas.

En 1533 Willebrord Snellius estableció los principios de la triangulación.

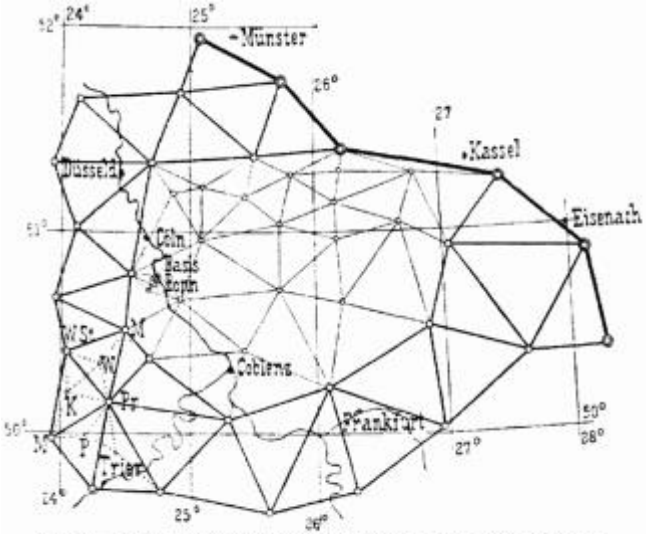
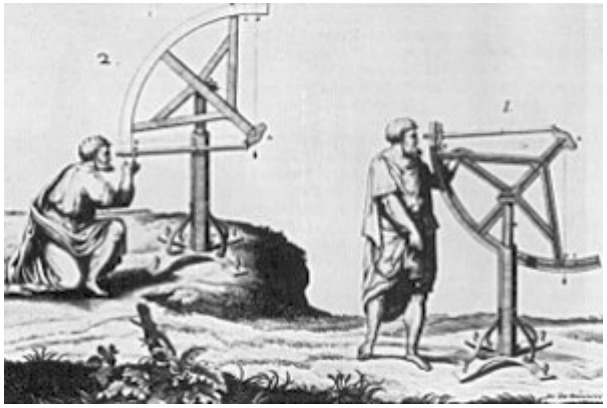


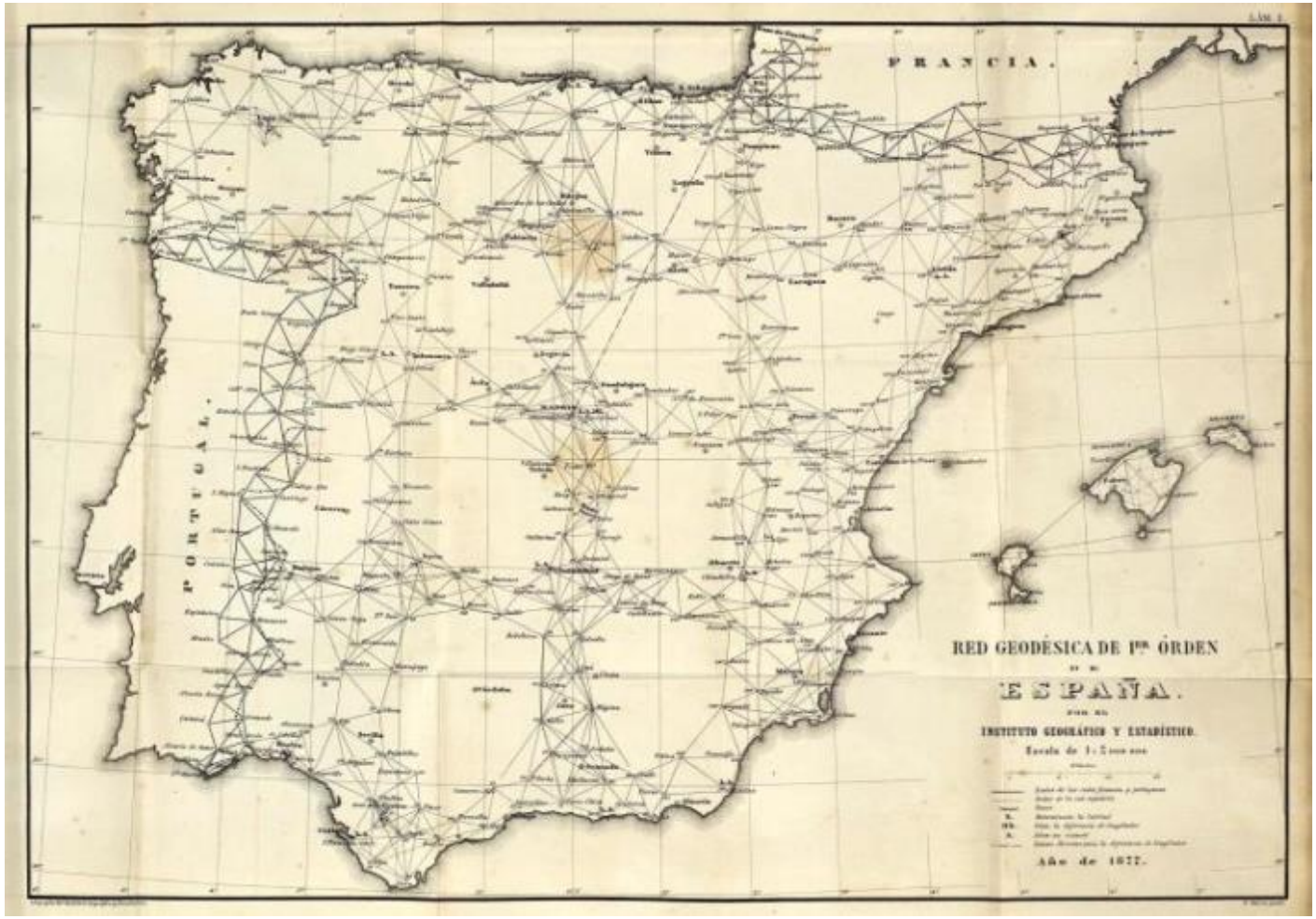
Fig. 4. Die rheinisch-hessische Kette und das niederrheinische Dreiecksnetz.



En 1669, Picard y Auzout emplearon ya cuadrantes cuyos anteojos tenían retículos de hilos de araña o alambre.

A partir de entonces la triangulación geodésica se implantó en todas las naciones.

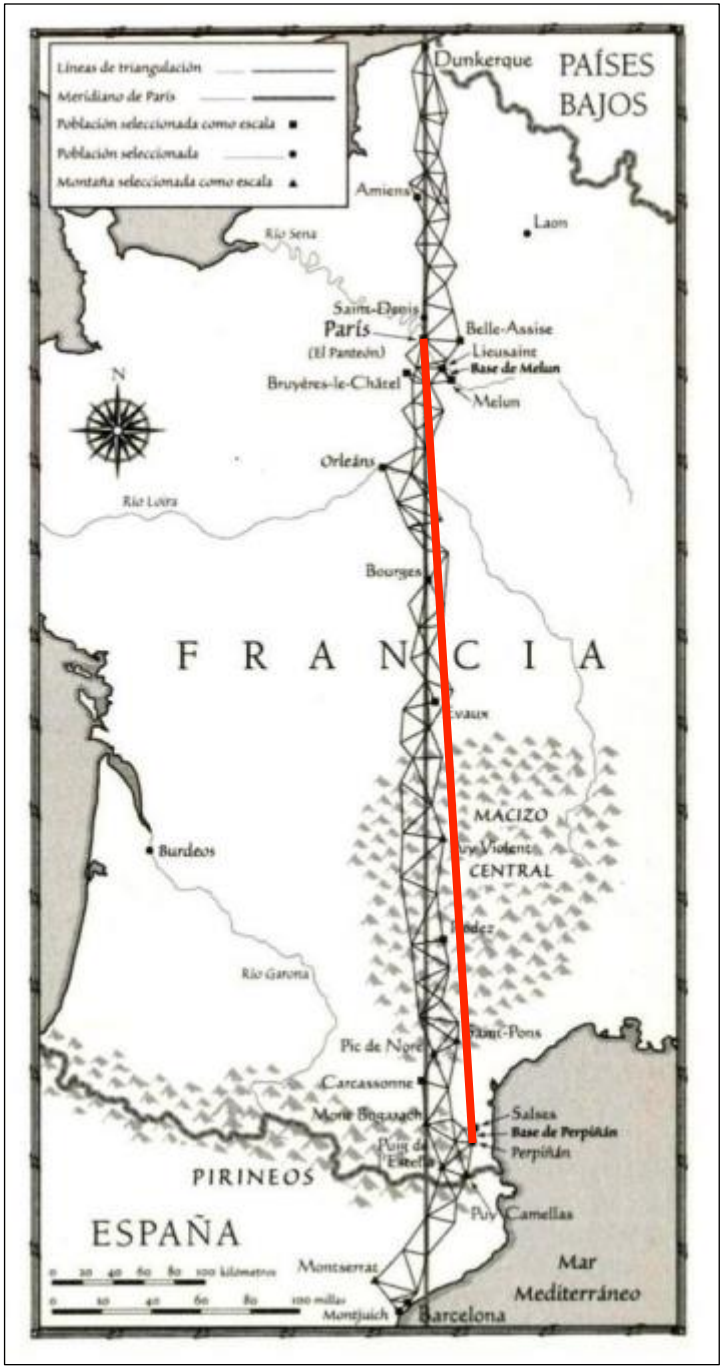
Red geodésica peninsular de 1877



Las redes fundamentales eran de meridianos y paralelos porque entonces, con tablas de logaritmos y sin ordenadores, sólo se podían calcular y compensar cadenas, no un bloque.

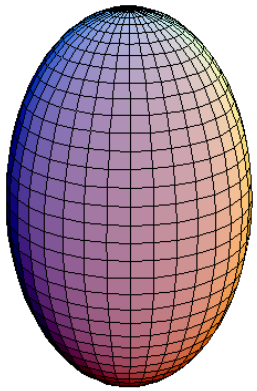
Triangulaciones

Jacques Cassini midió en 1713, con los mejores avances instrumentales, una cadena de meridiano entre París y Perpiñan, de 6° 6', estableciendo el radio de la Tierra en toesas, la unidad de medida vigente.

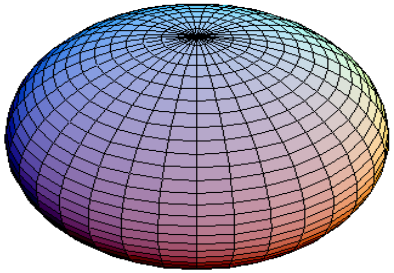


Esta medición resultó muy conflictiva porque, como siempre ocurre cuando se aumenta la precisión de cualquier medida, empezaron a manifestarse fenómenos antes desconocidos.

En el arco de Cassini, un mismo valor angular de arco de meridiano (diferencia de latitud) aparentemente daba medidas lineales un 0,2 % mayores en el norte que en el sur*.



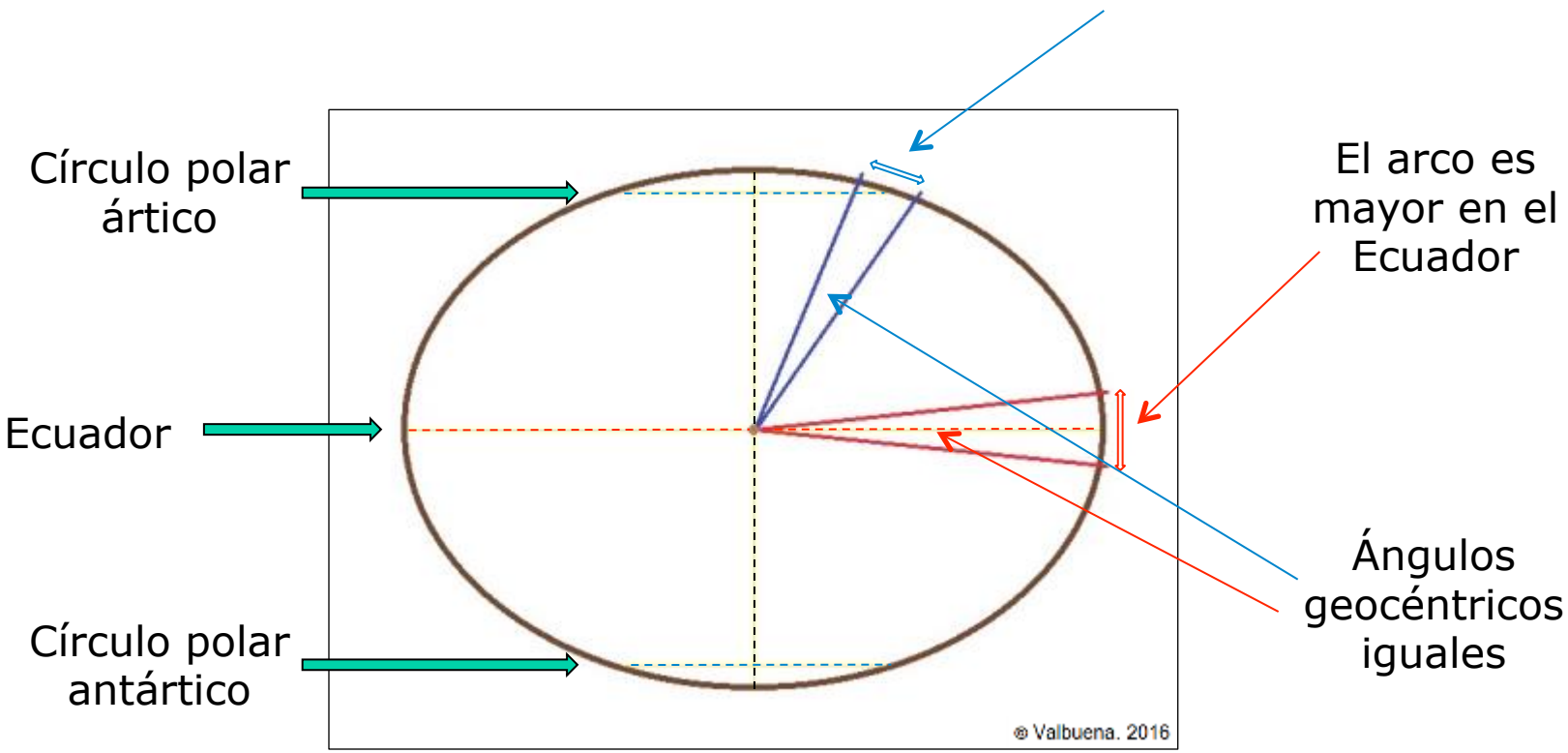
La Tierra sería *prolate* (achatada por el Ecuador, como un melón), según decía Cassini…



… y no *oblate* (con achatamiento polar, como una mandarina), según defendía Newton.

* Hoy se sabe que esto lo motivaba la ondulación del geoide.

La forma de averiguar por dónde había achatamiento era medir un arco de meridiano a diferentes latitudes.



Tierra con achatamiento polar

Si hubiera achatamiento polar, cada grado del arco medido en el círculo polar Ártico* sería más corto que el del Ecuador.

* Lo ideal, pero casi impracticable, sería medir en el Polo.

La Academia de Ciencias de París proyectó las mediciones de dos arcos para medir la elipsoicidad de la Tierra.

Arco de 1° en el círculo polar Ártico, medido en Laponia entre 1736 y 1737.

Geodestas:

Maupertuis
Celsius

Se hizo con eficacia y rapidez sobre la lisa superficie de las aguas heladas del río Tornea.

La Academia de Ciencias de París proyectó las mediciones de dos arcos para medir la elipsoicidad de la Tierra.

Arco de 3° 7' en el Ecuador, medido en Perú entre 1735 y 1746.

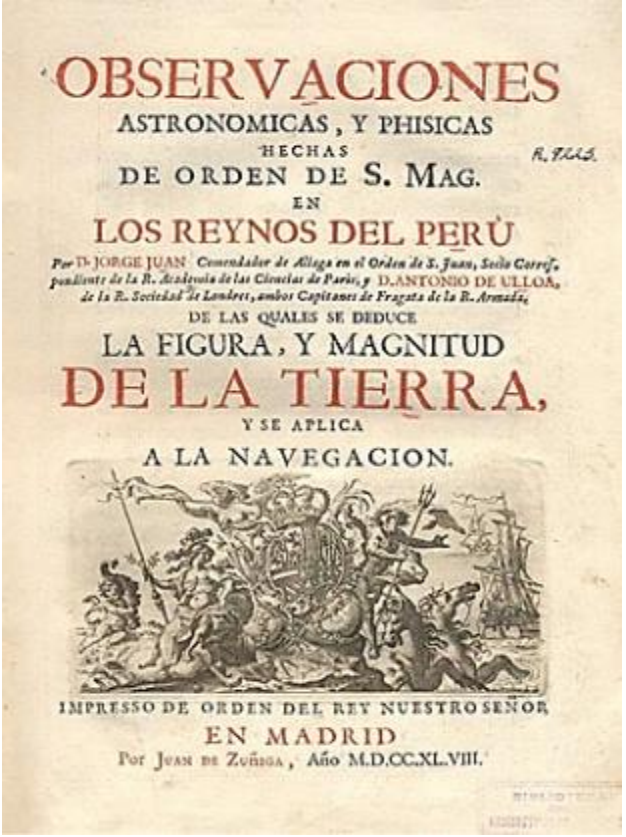
Geodestas:

La Condamine
Borda
Jorge Juan
Antonio de Ulloa

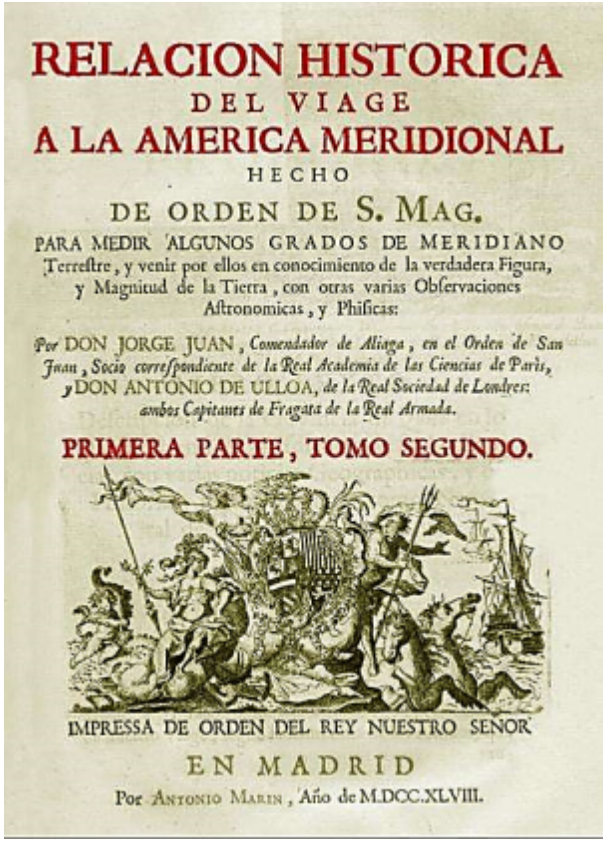
La larga campaña se convirtió en un culebrón interminable de aventuras, plagado de incidentes, lances galantes y duelos.

Tras terminar las mediciones, los más festivos tardaron hasta una década en regresar.

La expedición ecuatorial fue autorizada por España porque Perú era entonces virreinato suyo. En ella fueron los tenientes de navío Jorge Juan y Antonio Ulloa, marinos ilustrados, con altos conocimientos científicos.

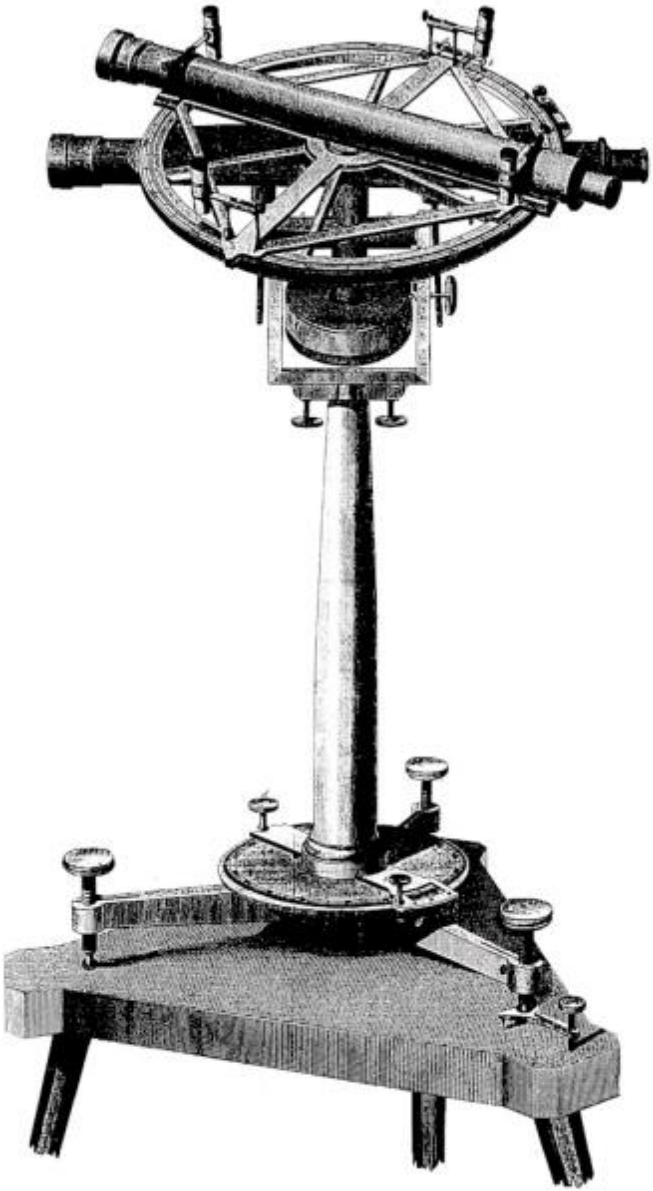


OBSERVACIONES
ASTRONOMICAS, Y PHISICAS
HECHAS
DE ORDEN DE S. MAG.
EN
LOS REYNOS DEL PERÚ
Por D. JORGE JUAN Comendador de Aliaga en el Orden de S. Juan, Socio Correspondiente de la R. Academia de las Ciencias de Paris, y D. ANTONIO DE ULLOA, de la R. Sociedad de Londres, ambos Capitanes de Fragata de la R. Armada,
DE LAS QUALES SE DEDUCE
LA FIGURA, Y MAGNITUD
DE LA TIERRA,
Y SE APLICA
A LA NAVEGACION.
IMPRESSO DE ORDEN DEL REY NUESTRO SEÑOR
EN MADRID
Por Juan de Zuñiga, Año M.D.CC.XL.VIII.



RELACION HISTORICA
DEL VIAGE
A LA AMERICA MERIDIONAL
HECHO
DE ORDEN DE S. MAG.
PARA MEDIR ALGUNOS GRADOS DE MERIDIANO Terrestre, y venir por ellos en conocimiento de la verdadera Figura, y Magnitud de la Tierra, con otras varias Observaciones Astronomicas, y Phisicas:
Por DON JORGE JUAN, Comendador de Aliaga, en el Orden de San Juan, Socio correspondiente de la Real Academia de las Ciencias de Paris, y DON ANTONIO DE ULLOA, de la Real Sociedad de Londres: ambos Capitanes de Fragata de la Real Armada.
PRIMERA PARTE, TOMO SEGUNDO.
IMPRESSA DE ORDEN DEL REY NUESTRO SEÑOR
EN MADRID
Por Antonio Marin, Año de M.DCC.XLVIII.

Billete recordando a Jorge Juan



Círculo de repetición de Borda

El instrumento estrella fue el círculo acimutal de repetición de Borda

Era un instrumento repetidor que encadenaba las medidas, promediando diversos errores.

Aunque de manejo muy exigente por su tediosa metodología de medida, si se manejaba debidamente alcanzaba excelentes precisiones que rondaban el segundo de arco.

La diferencia entre el radio ecuatorial y el polar es sólo de un 0,3 %.

Si la Tierra fuera como una naranja, el achatamiento correspondería al espesor de una hoja de papel

Δ 22 km en 6370 de radio

La rugosidad de la piel de una naranja es veinte veces mayor.

Y lo consiguieron sin coches, sin ordenadores, sin móviles…

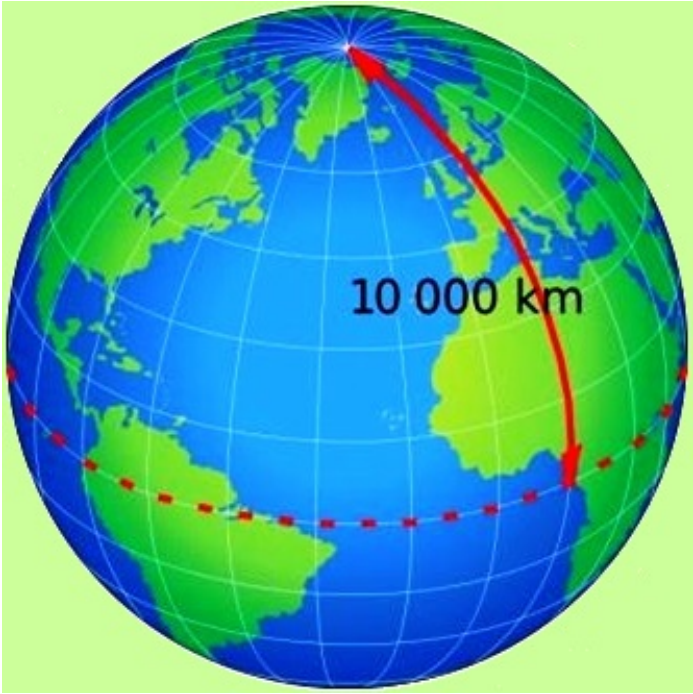
Voltaire, con su proverbial acidez, dijo:

«La Comisión ha aplastado la Tierra y a Cassini»…

… y añadió, menospreciando a los geodestas:

«Habéis encontrado en lugares llenos de dificultades lo que Newton sabía sin salir de su casa».

¡Qué listo era Voltaire a toro pasado!



En 1791, la Academia de Ciencias de París propuso adoptar como patrón el 'metro', que sería la diezmillonésima parte del cuadrante de un meridiano terrestre (desde el Ecuador hasta el Polo).

Según la medición del arco, el radio de la Tierra resultó ser de 6365 km.

El arco de Cassini fue la base para la primera definición del metro.

METRO PLEGABLE

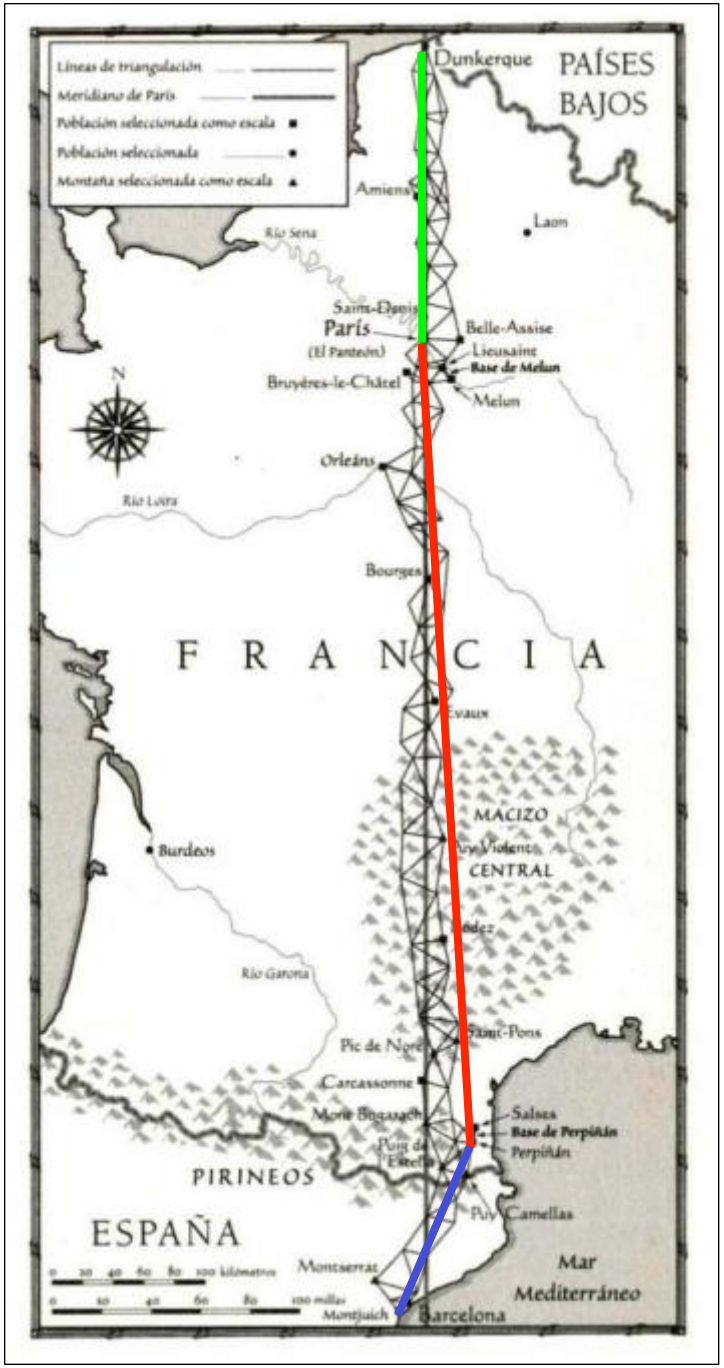
Este metro de hierro se hizo de acuerdo con las especificaciones del metro provisional de 1793. En él dice: «Metro igual a una diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre, Borda, 1793». (Musée des Arts et Métiers-CNAM, París; foto del CNAM).

El arco de Cassini, de 1713, de 6° 6', comprendía de París a Perpiñán

Entre 1792 y 1798 Delambre y Méchain remidieron y ampliaron hasta 9° 40' el arco de meridiano de Cassini.

Se amplió por el norte hasta Dunkerque, y por el sur hasta Montjuich

Con la medida de este arco se definió el metro de 1799.

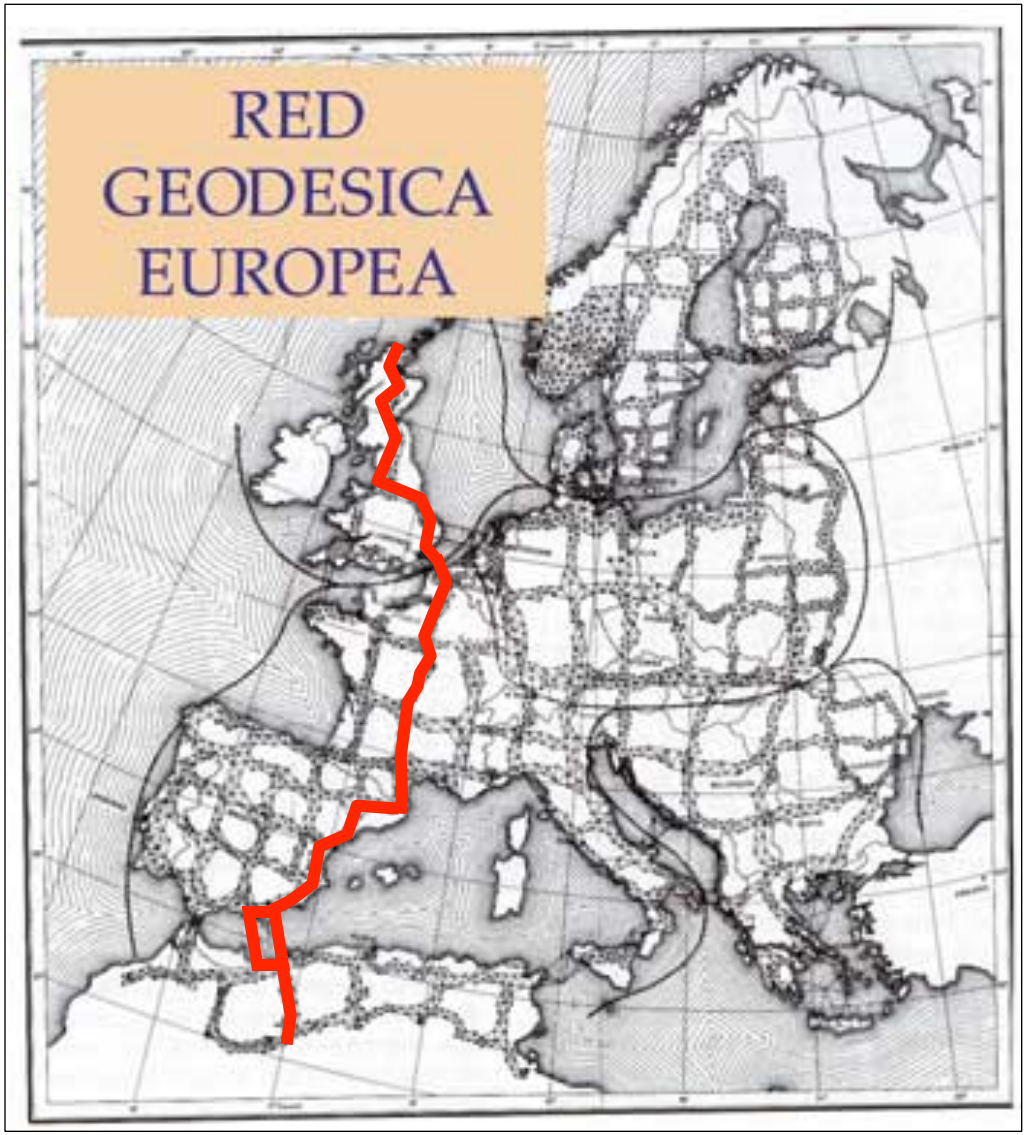


El arco de Delambre y Méchain se prolongó por el norte hasta las Shetlands, Escocia. Más al norte, agua

Y por el sur hasta Mulhacén, en la costa mediterránea española.

El enlace de 1878 España - Argelia, completó el mayor arco de meridiano medido, al alcanzar con una cadena los límites del Sahara.

Más al sur, arena…



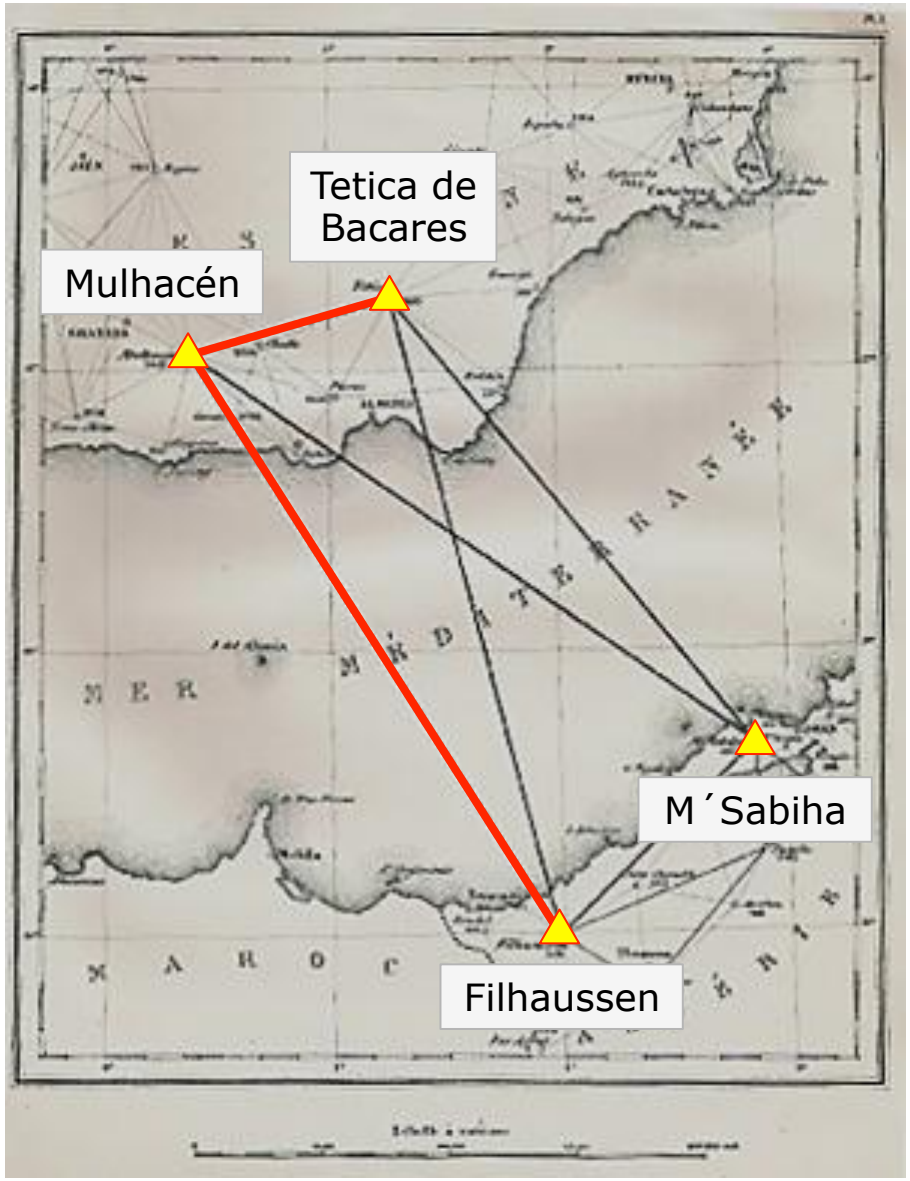
Red europea de paralelos y meridianos

Enlace España – Argelia de 1878

El lado más corto, Mulhacén – Tetica de Bacares, tenía 82,8 km.

El lado más largo, Mulhacén – Filhaussen, tenía 269,9 km.

Sello del primer centenario del IGC (1970)

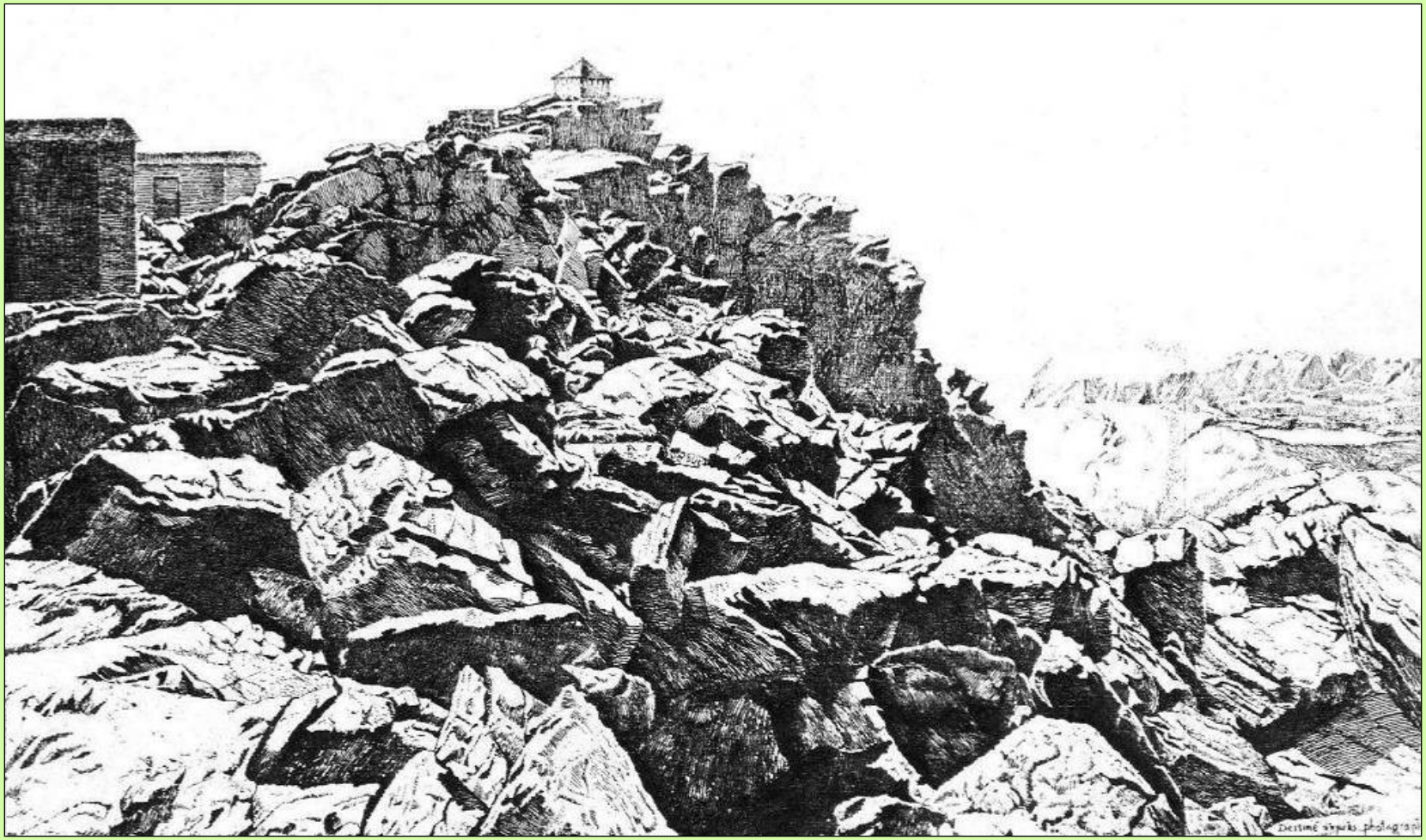


Cuadrilátero con diagonales

Mulhacén – 3482 m de altitud (Granada)

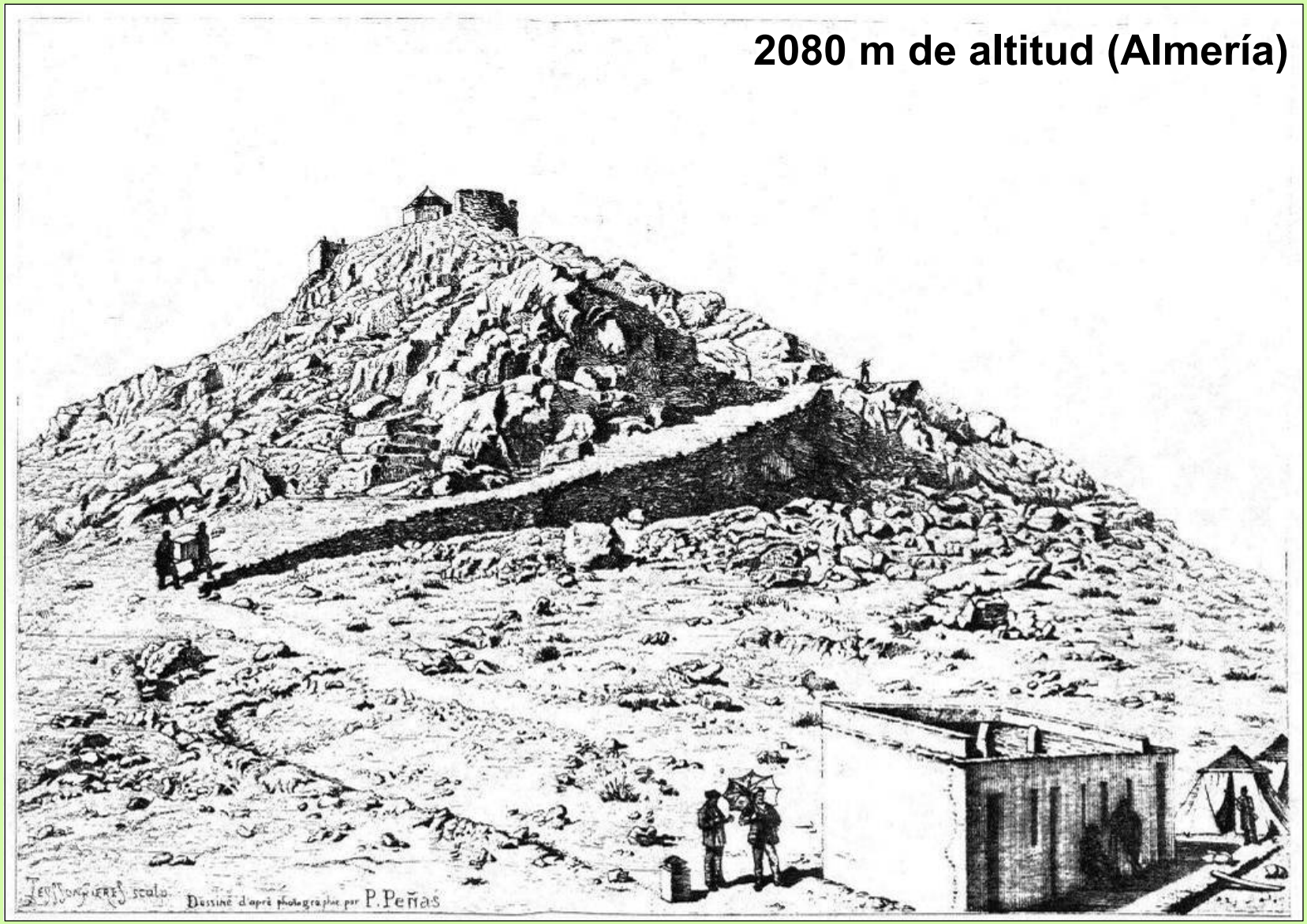
Mulhacén en 1878, con instalaciones

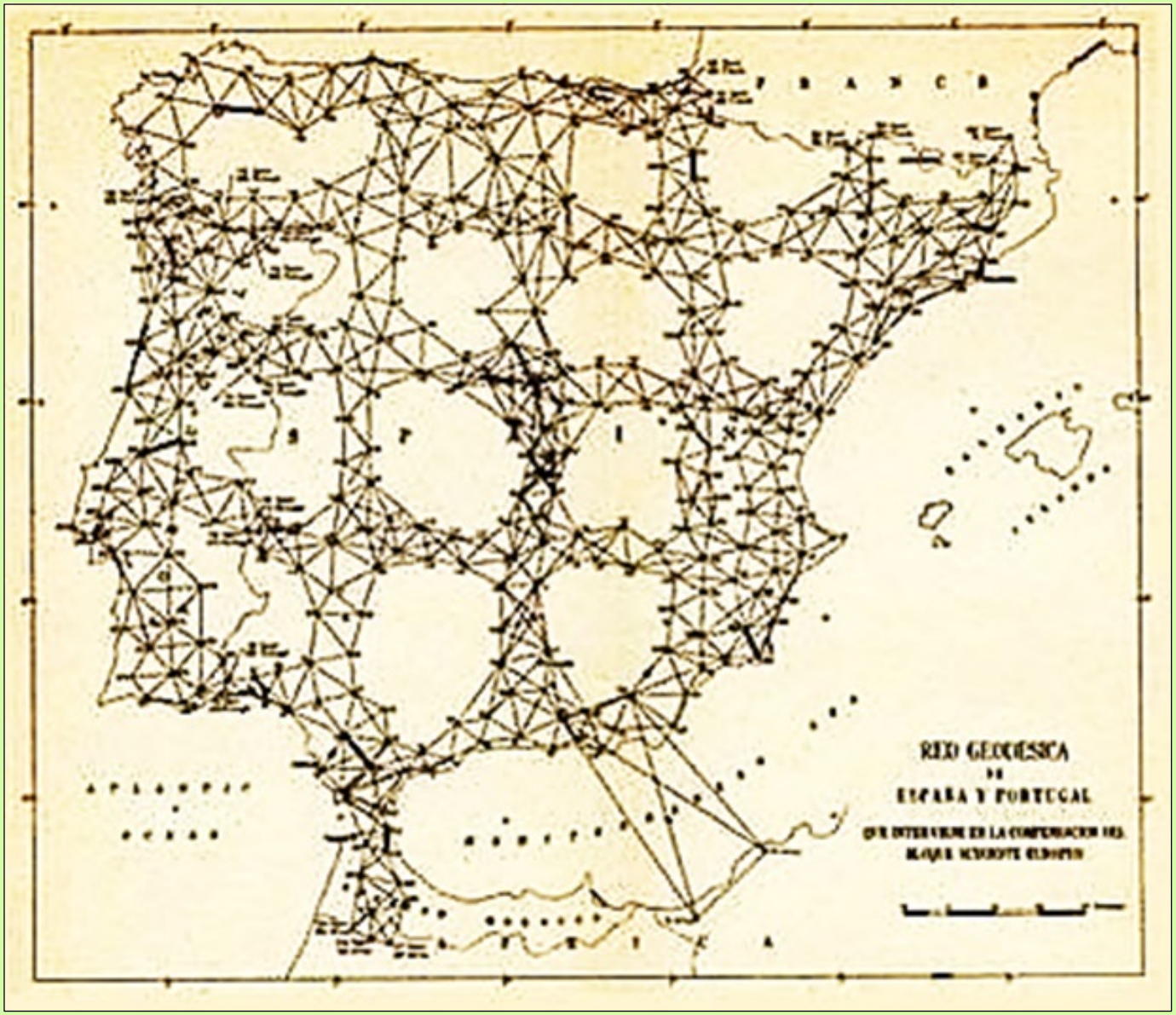
Mulhacén en 1878, con instalaciones



… y tampoco tenían coches, ordenadores, móviles…

Tetica de Bacares en 1878

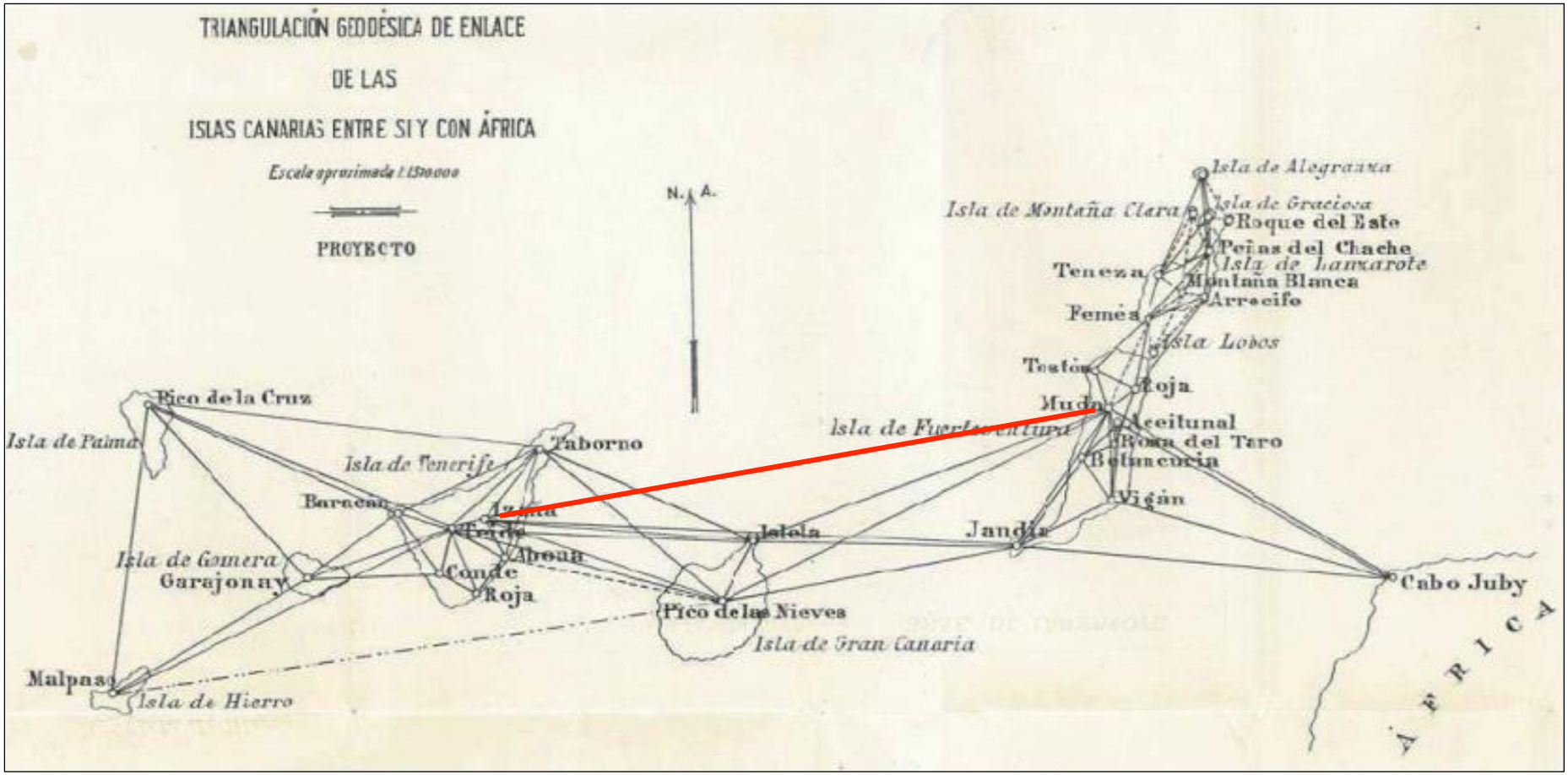




Red geodésica española con el enlace a Argelia

Enlaces de Canarias con África

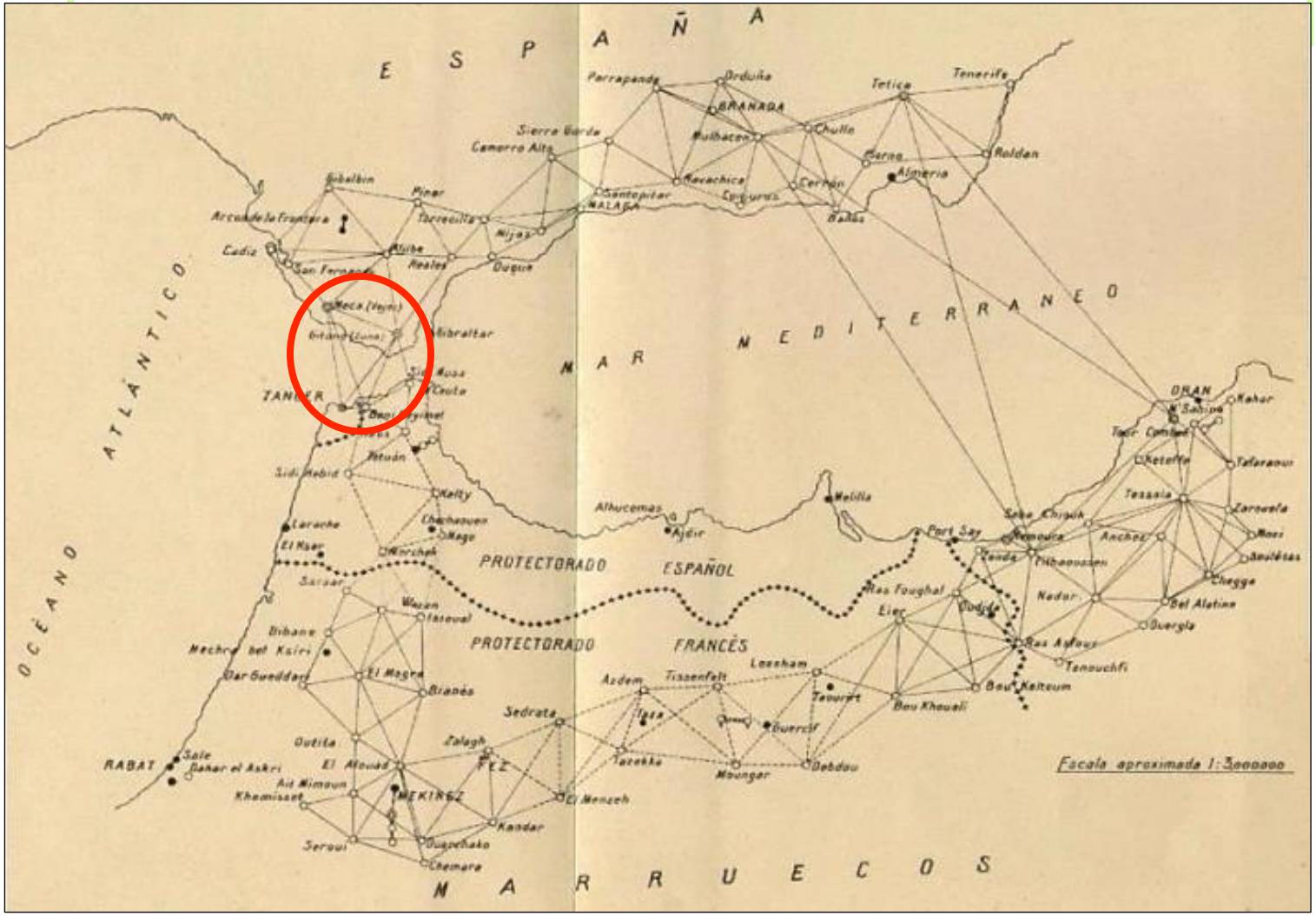
Realizado en 1927



El lado mayor, Muda - Izaña tenía 251 km de longitud.

Ya existía una emisora de señales horarias en la torre Eiffel.

Enlace de paso del Estrecho, 1930



Este enlace, con lados de longitudes ordinarias, se hizo empleando métodos modernos: radioenlace y reflectores eléctricos.

Y las observaciones geodésicas aumentaron y se densificaron con redes diversas: de 1er Orden, con lados de 40 hasta 100 km, y de Orden Inferior, con lados de 40 hasta 4 km.

Observaciones geodésicas en las décadas de 1970 y 1980 (IGN)

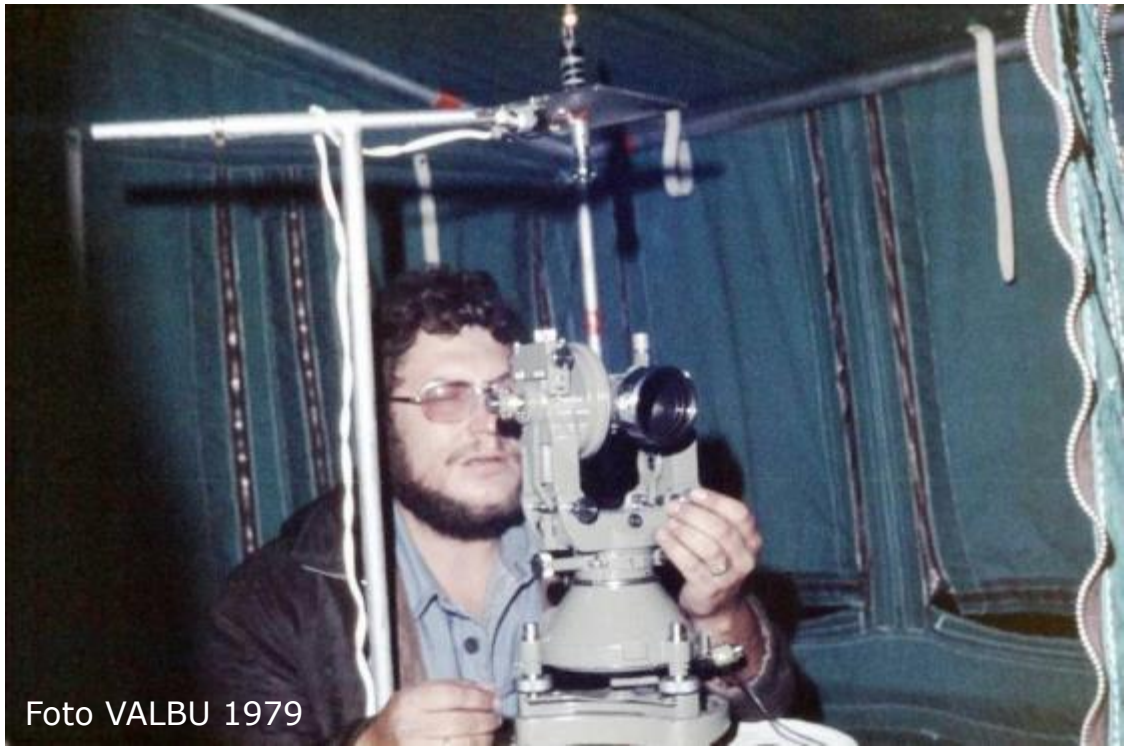
Foto VALBU 1994

Foto VALBU 1987

Tras muchas, muchas más triangulaciones en todo el mundo, en 1950 ya se tenía un buen conocimiento geodésico de nuestro planeta; y se siguieron haciendo reobservaciones.

Tienda de observación en vértice de 1er Orden.

Haciendo puntería para observación angular nocturna

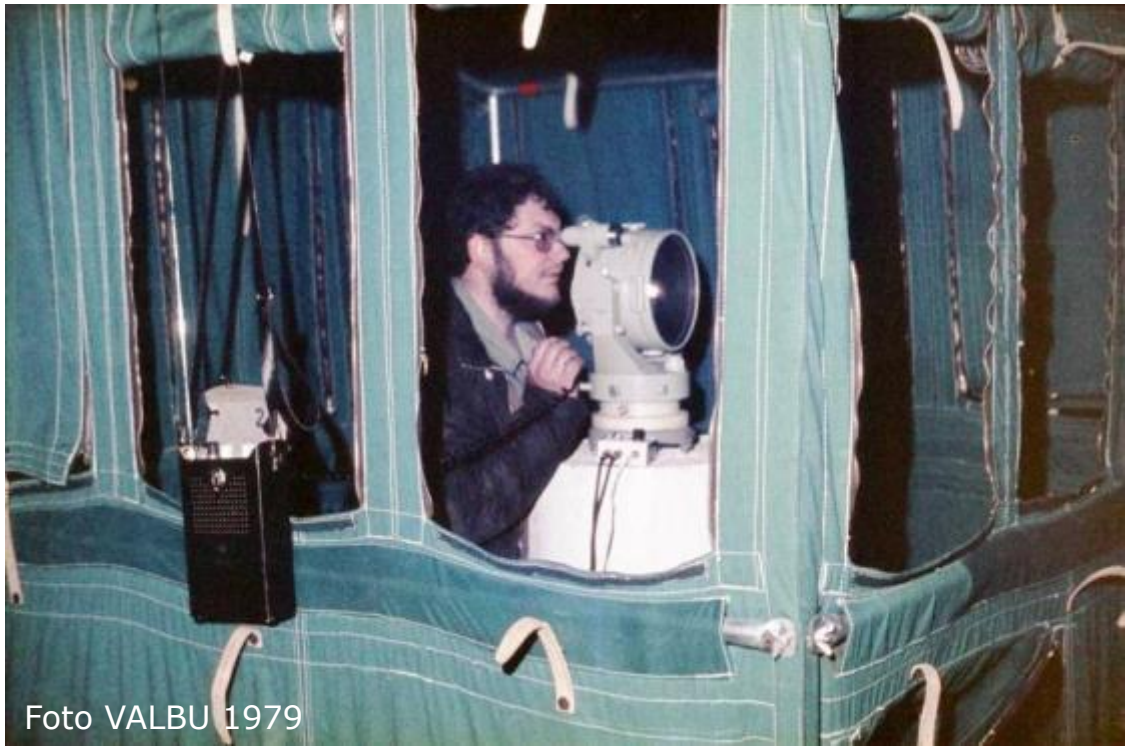


Teodolito WILD T3

Tras muchas, muchas más triangulaciones en todo el mundo, en 1950 ya se tenía un buen conocimiento geodésico de nuestro planeta.

Tienda de observación en vértice de 1er Orden.

Dando luz para observación angular nocturna



Reflector Carl Zeiss Jena TSG 200

Las redes nacionales alcanzaron precisiones decimétricas, y las continentales, métricas.

El enlace entre redes geodésicas continentales separadas por más de 300 km sólo podían hacerse por posicionamiento absoluto mediante observaciones astronómicas.

Con los mejores teodolitos astrogeodésicos universales, se podían obtener precisiones de hasta 25 m.

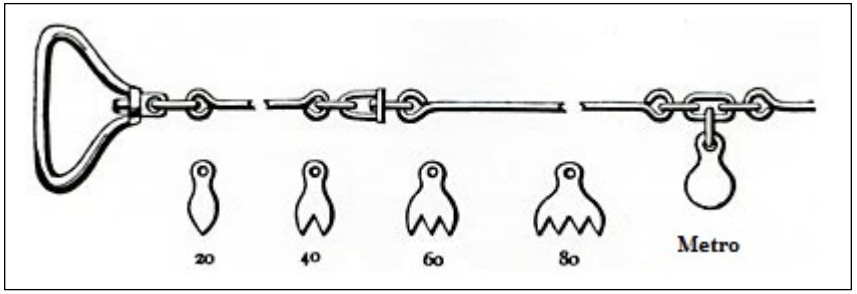
Foto Valbuena 1981

Con mediciones angulares ya no se podía medir mejor la Tierra.

Medida de distancias

La triangulación determina la forma, pero no el tamaño.
La escala ha de establecerse con medidas de distancias.

Era esencial un patrón físico para las medidas locales topográficas. Desde muy antiguo la cadena de agrimensor fue la estrella, utilizándose de diversas marcas y longitudes.

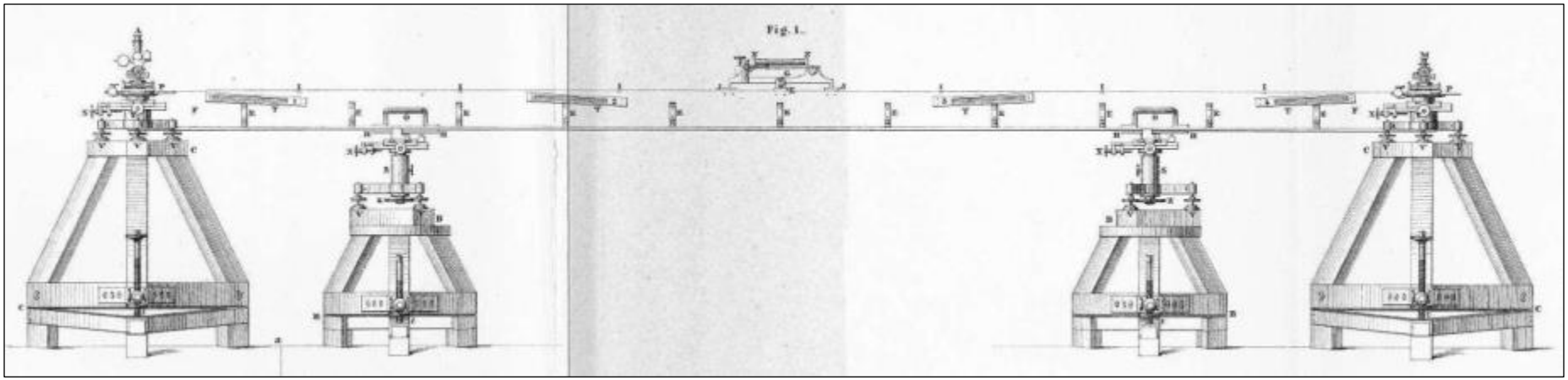


Por ejemplo, la cadena de Gunter, en su versión métrica, tenía 20 m y estaba compuesta por 100 eslabones de 20 cm cada uno.

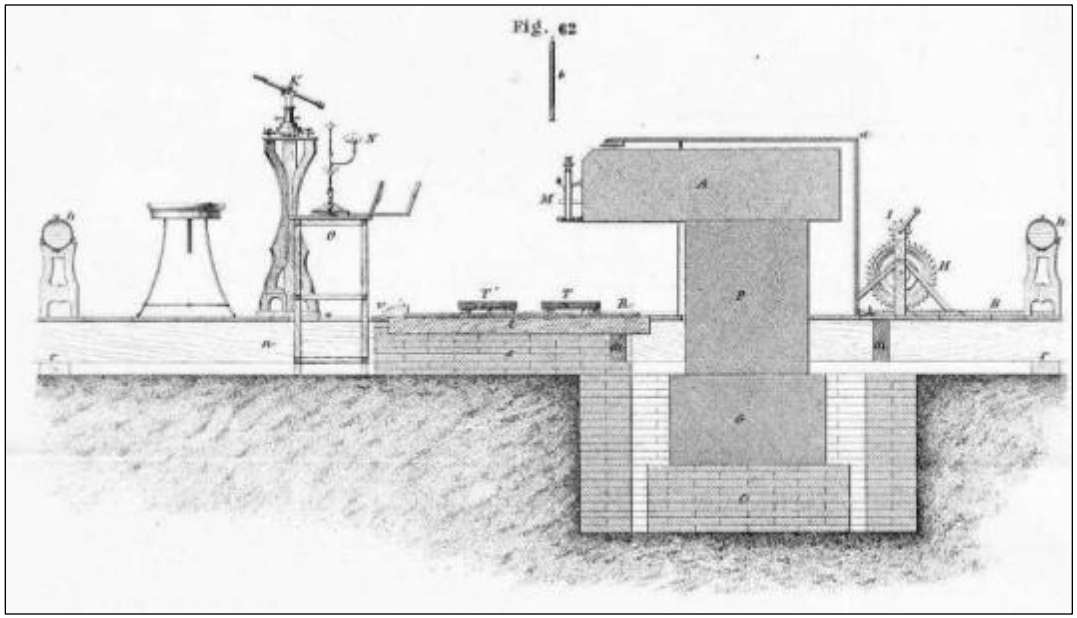
Fue la protagonista de nuestras 'hojas kilométricas', extraordinariamente fieles y bien hechas.

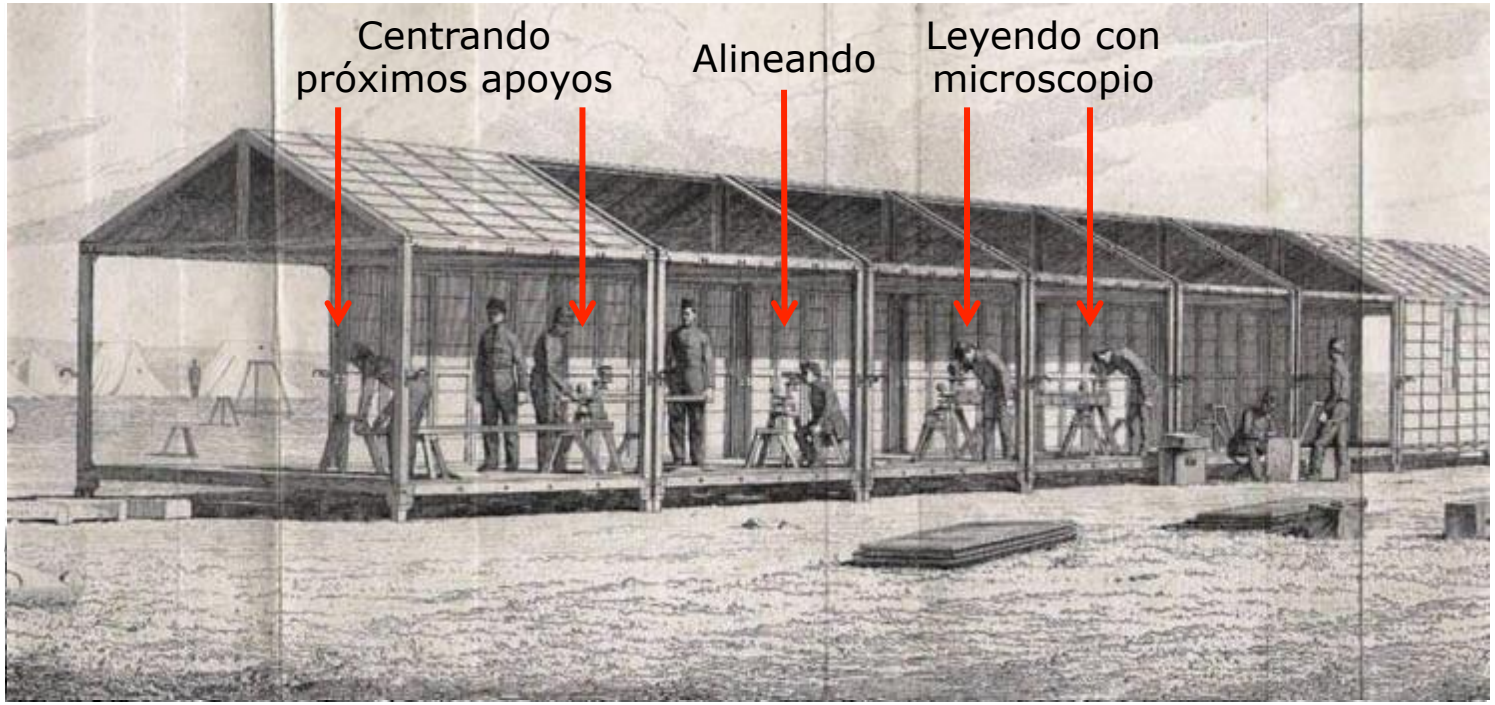
Hoja kilométrica

Las Bases Geodésicas se medían con reglones (o reglas), como la regla de Ibáñez, de hierro laminado, de 4 m (1859)



Laboratorio de calibración





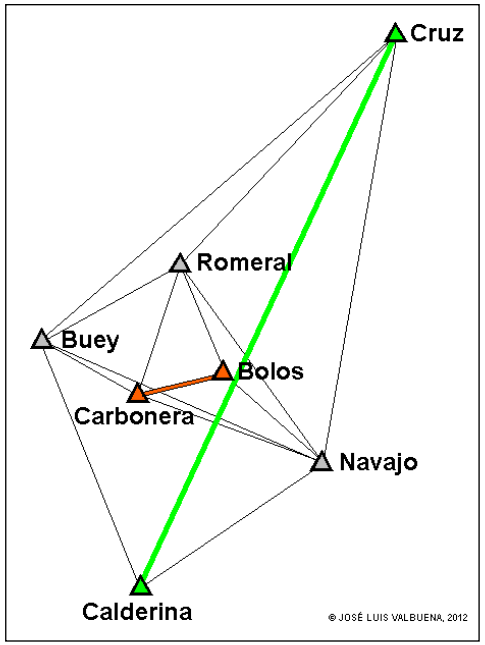
Medición de la Base de Madridejos (14.664,5 m) en 1859, trabajando 60 personas durante 3 meses

Se midió con el 'Reglón de La Comisión del Mapa', de 4 m, con escalas bimetálicas* (para establecer la corrección térmica). Necesitarían 3666 puestas.

* De platino y latón.

Ampliación de la Base Bolos - Carbonera

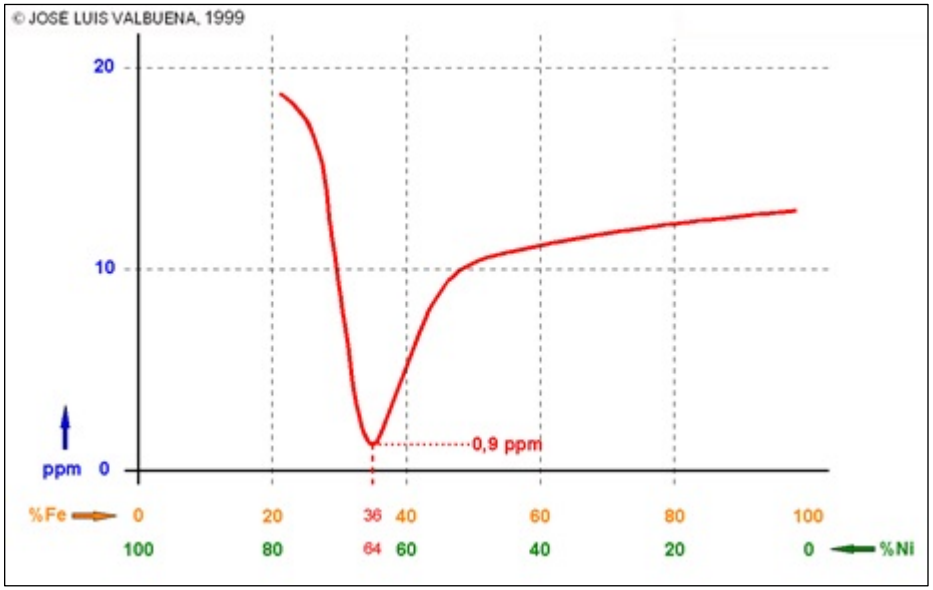
14,6 km → 92 km



Desde 1920 las Bases ya se midieron con hilos invar

Tambores con hilos de 24 m y 1,6 mm de ∅

Contrapeso de 10 kg



El coeficiente de dilatación del invar es de 0,9 ppm*/°C

* 'ppm' significa 'partes por millón' (milímetros por kilómetro).

La estadía invar (2 m) ofreció alta precisión en Topografía, tanto en medida de bases como de lados de poligonales.

blanco transparente

Estadía de laboratorio, patrón de escala, de 1 m

La electrodistanciometría (EDM) debutó en Geodesia

Tras del invento del GEODIMETER por Bergstrand, en 1947, y del TELLUROMETER por Wadley, en 1957, los lados geodésicos se empezaron a medir directamente con EDM de microondas, aunque con errores de varios decímetros en lados largos porque la imprecisa determinación de la humedad relativa media genera mucho error para portadoras radio.

TELLUROMETER
MRA-1, 1957

ELECTROTAPE
DM-20, 1960

La electrodistanciometría (EDM) debutó en Geodesia

En la década de 1980 aún se usaba en España el TELLUROMETER MRA-3 en la medición de lados geodésicos…

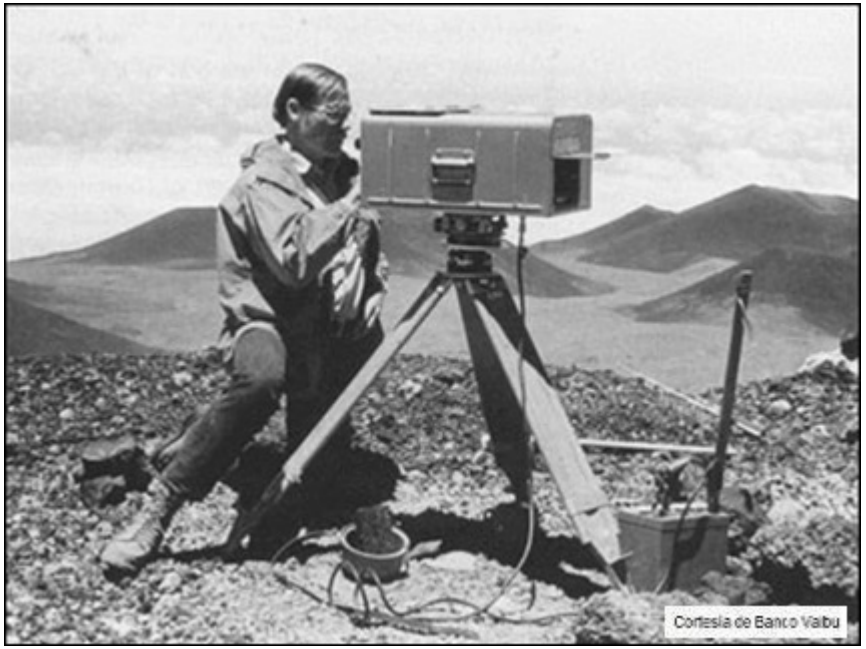
… pero los EDM de microondas fueron paulatinamente sustituidos por los electroópticos, más precisos.

Geodímetro láser manual AGA 8 (1969)

La electrodistanciometría (EDM) debutó en Geodesia

Los EDM electroópticos de láser de largo alcance (geodímetros) empezaron a utilizarse desde 1970.

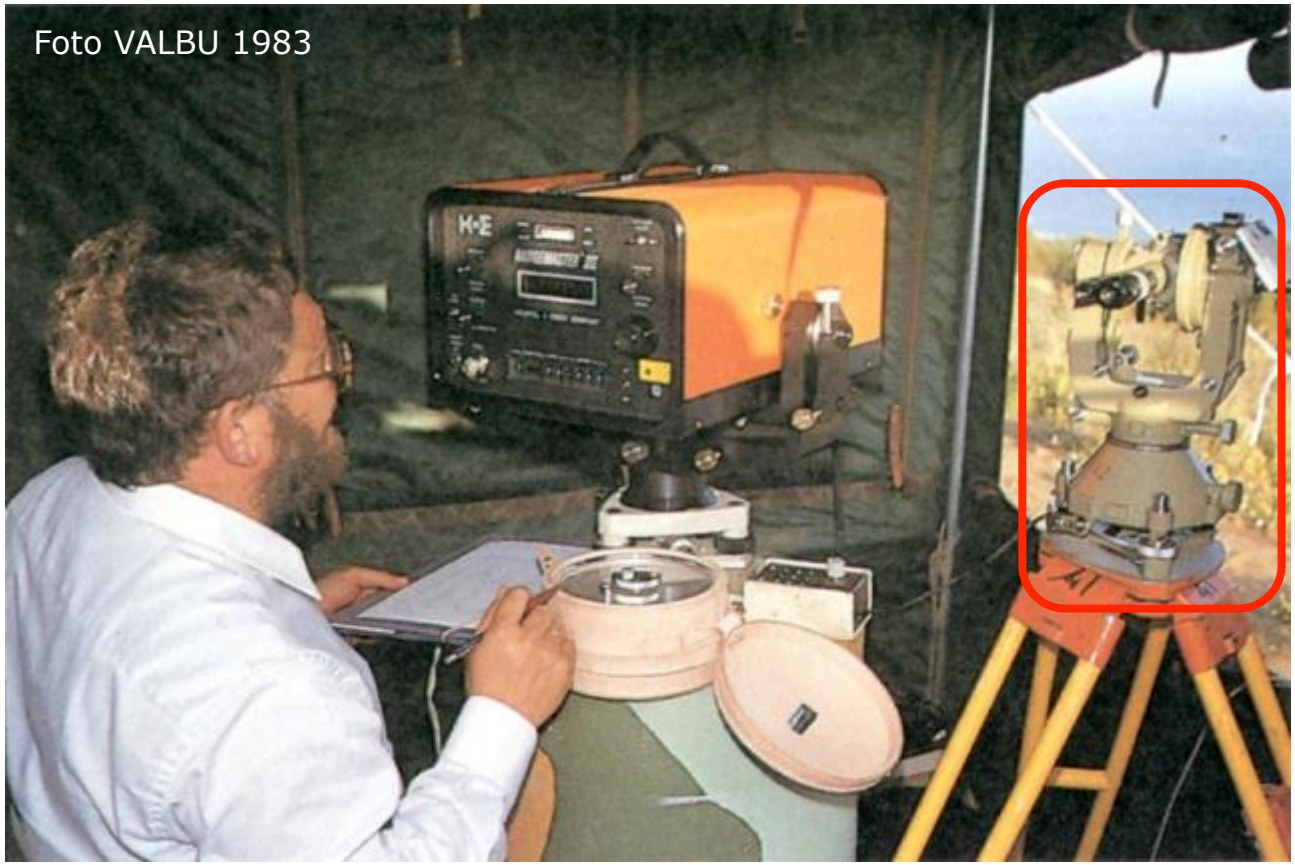
AGA 8 (manual)



K&E RANGEMASTER III (automático), 1980

Obtuvieron precisiones centimétricas en la medida directa de lados geodésicos cortos y medios (hasta 60 km).

La electrodistanciometría (EDM) debutó en Geodesia



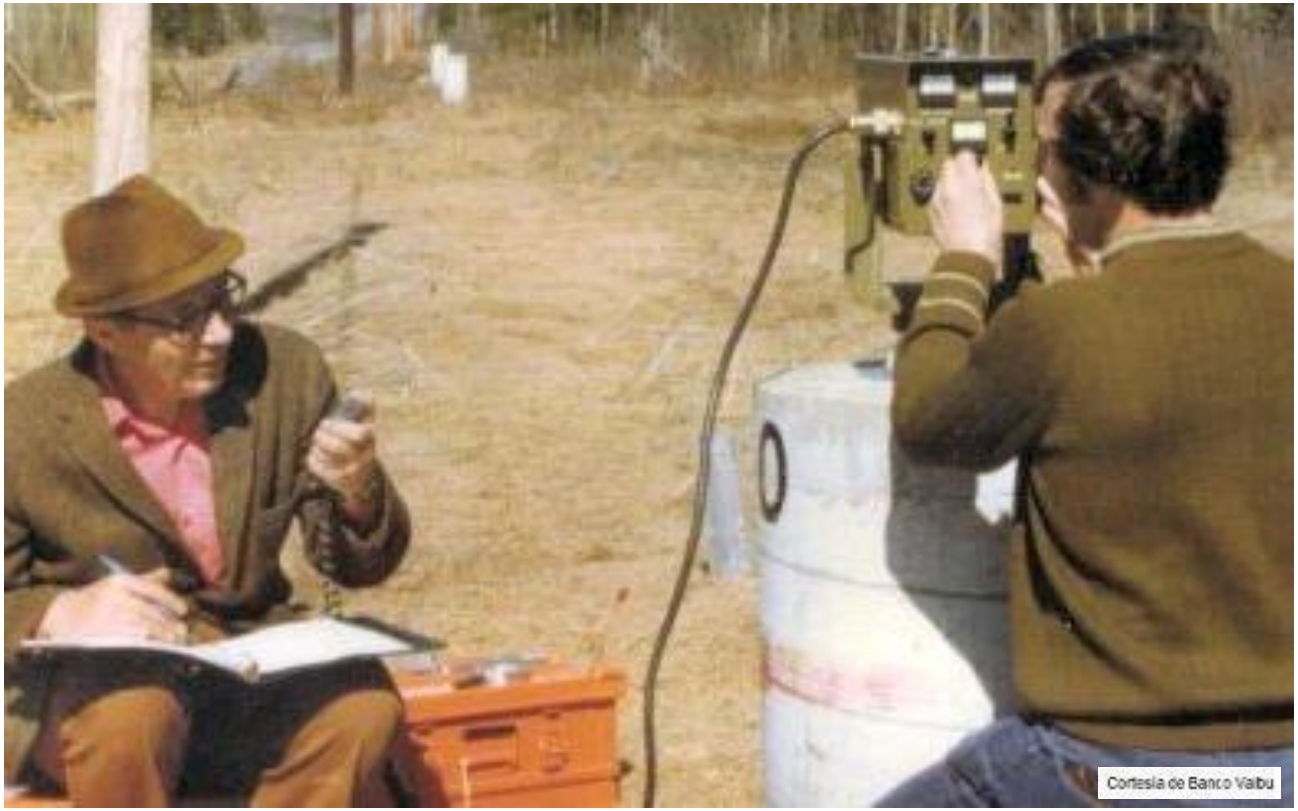
RM III en tienda de observación de 1er Orden

Teodolito Wild T3 para medida de cenitales recíprocos y simultáneos

Las técnicas GNSS (*Global Navigation Satellite System* - Sistema Global de Navegación por Satélite) sustituyeron a la distanciometría geodésica con sus aplicaciones de medida diferencial precisa de línea base por diferencia de fase (precisiones subdecimétricas).

La EDM también fue protagonista en Topografía

En 1974 las bases cortas se empezaron a medir con EDM electroópticos de alta precisión (submilimétricos), usados también Topografía industrial.



En 1972 se utilizaba para ello el submilimétrico KERN ME3000, con precisión de ±(0,2 mm + 1 ppm), portadora óptica de flash de xenón y alcance de 2,5 km

Se utilizó en el ajuste del radiotelescopio de 300 m Ø de Arecibo)

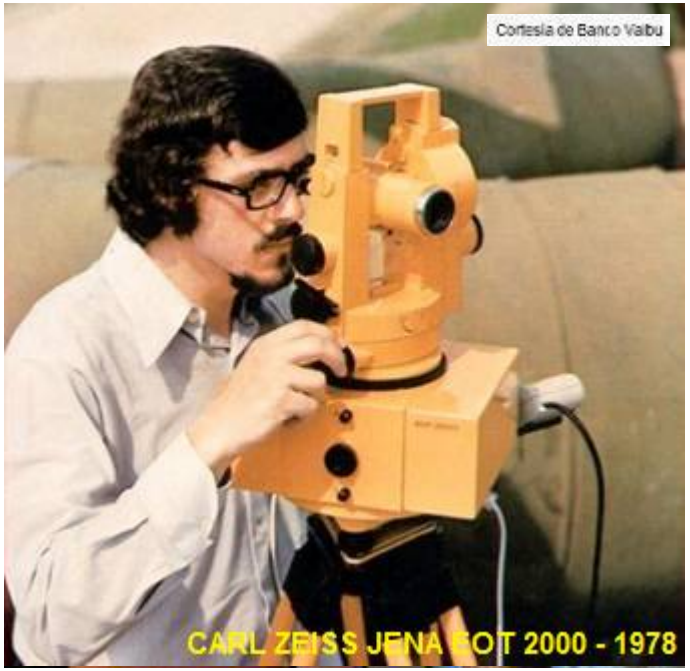
Los submilimétricos de máximo rango han sido el MEKOMETER ME5000. Precisión de ±(0,2 mm + 0,2 ppm) y alcance de 8 km…

… y el TERRAMETER, de láser bicolor. Precisión de ±(0,1 mm + 0,1 ppm) y alcance de 10 km

Foto VALBU

Foto VALBU 1991

En la Topografía, la EDM se integró paulatinamente con la goniometría, evolucionando hasta las actuales estaciones totales (pueden obtener directamente coordenadas del punto radiado).



Con accesorio sobre alidada para registro en casete

Primeras estaciones totales homologadas para medir distancias

Actualmente, las estaciones totales de tope de gama ofrecen precisiones de ±1" en ángulos y ±(1 mm + 1 ppm) en distancias.

Poseen un potente ordenador interno, disponen de una amplia memoria; algunas se manejan con un mando de control remoto

Totalmente automatizadas, un observador experto puede conseguir rendimientos y calidades antes inalcanzables, especialmente en técnicas de control, utilizando su puntería automática sobre prisma y la secuencia de observación programable.

Los satélites de posicionamiento GNSS, universalmente utilizados en las aplicaciones más dispares, han abierto una nueva etapa en la Geodesia y en la Topografía que se describe en la parte 2 de esta serie de cuatro.

Debe hacerse una especial mención al fundamental aporte de la Fotogrametría que, desde sus albores analógicos y su realidad digital actual hasta el uso de los modernos drones fotogramétricos con coordenadas satélite del punto de vista, ha mejorado constantemente sus extraordinarias posibilidades, ahora tan flexibles y poderosas como económicas.

Transición a la Geodesia espacial

Transición a la Geodesia espacial

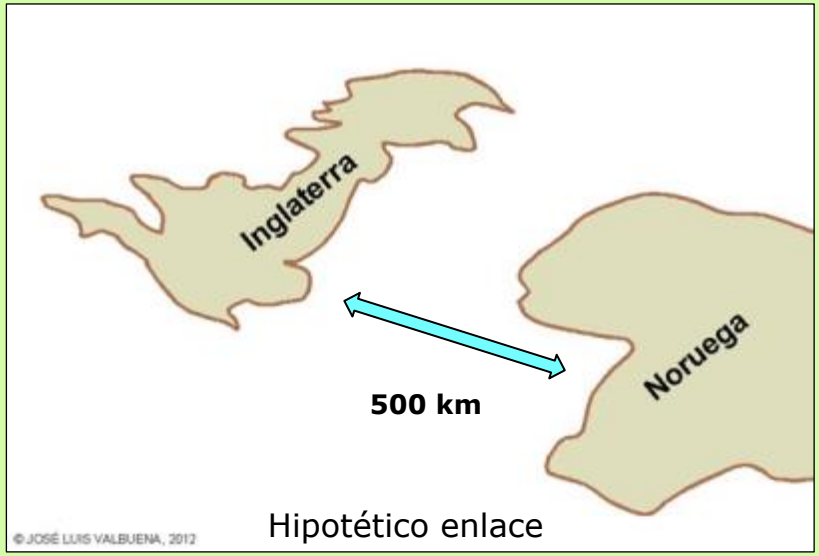
Tras la proliferación de las triangulaciones nacionales en todo el mundo, el conocimiento geodésico de nuestro planeta en 1950 era ya adecuado.

Las redes nacionales alcanzaban precisiones decimétricas, y las continentales, métricas.

Los enlaces entre continentes sólo se hacían por medios astronómicos, llegando a obtener precisiones, en los casos más favorables, nunca mejor que 25 m.

Embrión de la Geodesia espacial

Para enlazar costas no intervisibles se necesitan puntos auxiliares en el espacio, que sólo pueden ser móviles.



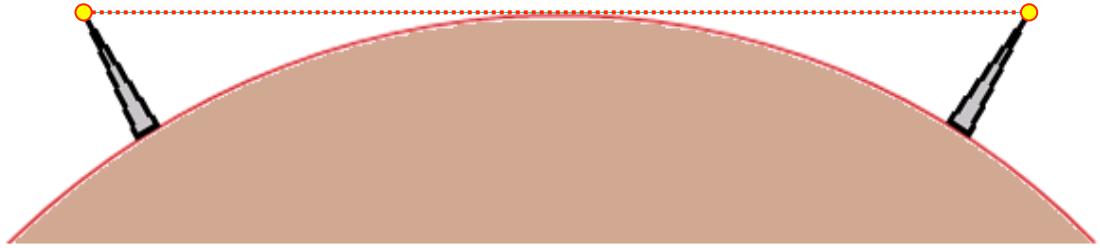
Hipotético enlace

Si los puntos se visan simultáneamente desde tierra, no se necesita conocer su posición, y el enlace se llama 'dinámico'.

Si se conoce la posición que tenía en el momento de la observación, no hace falta simultaneidad, y el enlace se llama 'geométrico'.

Un enlace directo a la distancia del ejemplo sólo sería posible, geométricamente, entre puntos a más de 6000 m de altitud

Visual de 500 km tangenteando la superficie



Embrión de la Geodesia espacial

A finales de los 50, los enlaces entre costas cercanas no intervisibles se hacía observando desde ambas costas pequeños globos aerostáticos* liberados desde barcos.

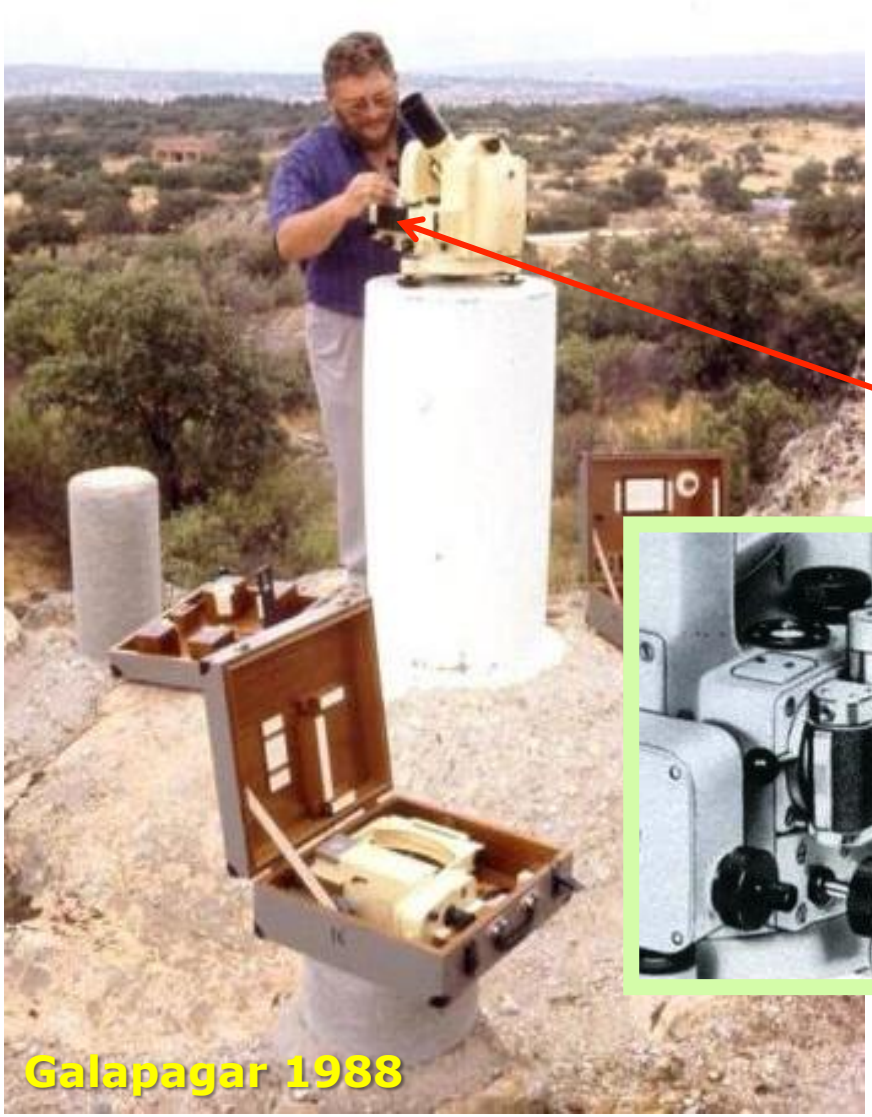
El seguimiento continuo de los globos se hacía con teodolitos astrogeodésicos universales, como el ASKANIA GIGAS. En todos los teodolitos, se sincronizaba por radio el registro fotográfico de cada una de las lecturas

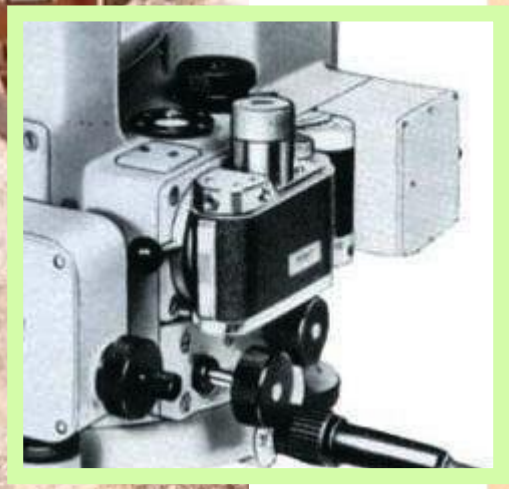
Cortesía de Banco Valbu

* Wolfgang Torge menciona en *Geodesy*, libro de referencia de esta ciencia, el uso de globos con destellos de flash para observaciones nocturnas.

Embrión de la Geodesia espacial

Con registro fotográfico





ASKANIA

ASKANIA-WERKE

AKTIENGESELLSCHAFT

BERLIN-FRIEDENAU

INSTRUMENTAL DE ALTA PRECISION PARA LA CIENCIA

INSTRUMENTOS GEODESICOS

INSTRUMENTOS GEOFISICOS para la prospección práctica

INSTRUMENTOS GEOFISICOS para las investigaciones cientificas

INSTRUMENTOS OCEANOGRAFICOS

INSTRUMENTOS METEOROLOGICOS

INSTRUMENTOS ASTRONOMICOS Y ASTROFISICOS

OPTICA DE PRECISION montada y suelta

INSTRUMENTOS DE CONTROL Y REGISTRO

TEODOLITO «DE PRECISION» ASKANIA

Según Gigas, con registro fotográfico simultáneo de los dos limbos y del nivel de verticalidad

REPRESENTANTE EXCLUSIVO

R. I. E. G. A.

Sociedad de Responsabilidad Limitada

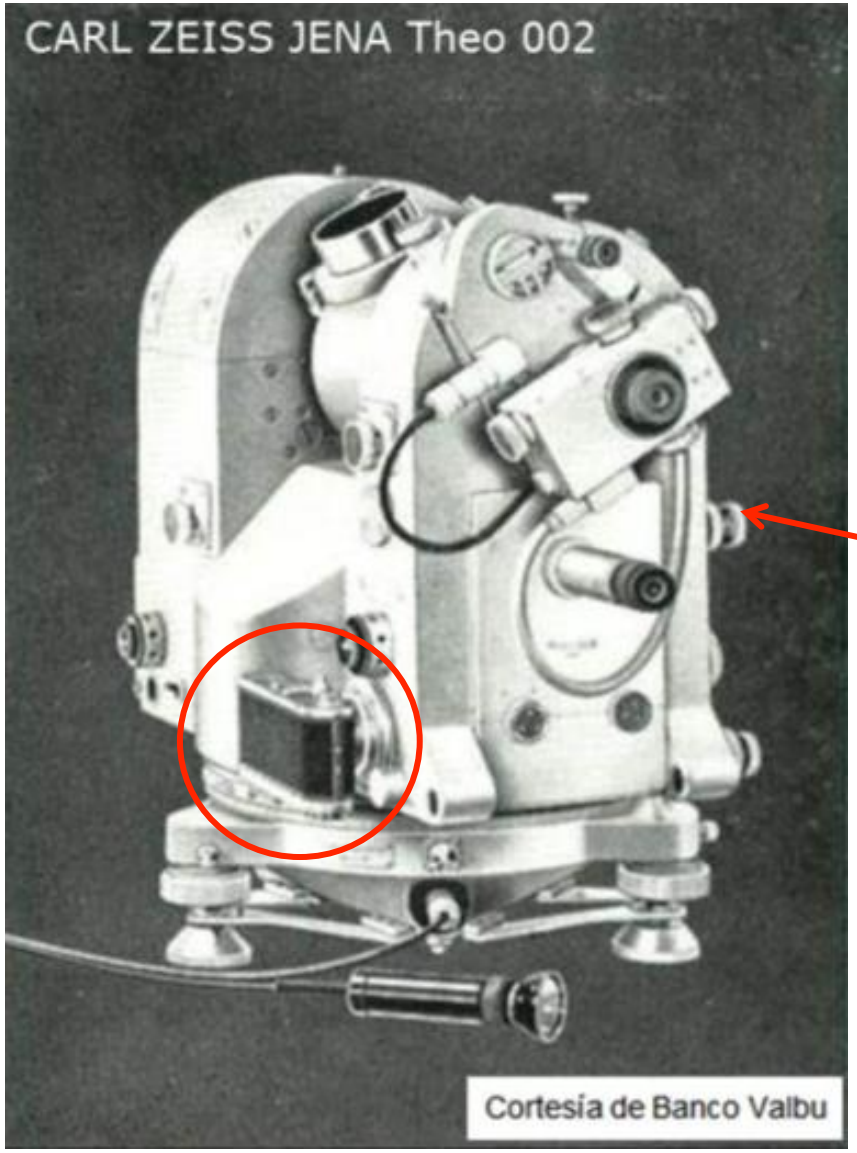
Capital $ m/n. 100.000,00

BALCARCE 548 BUENOS AIRES 34, DEFENSA 6325

Cortesía de Banco Valbu

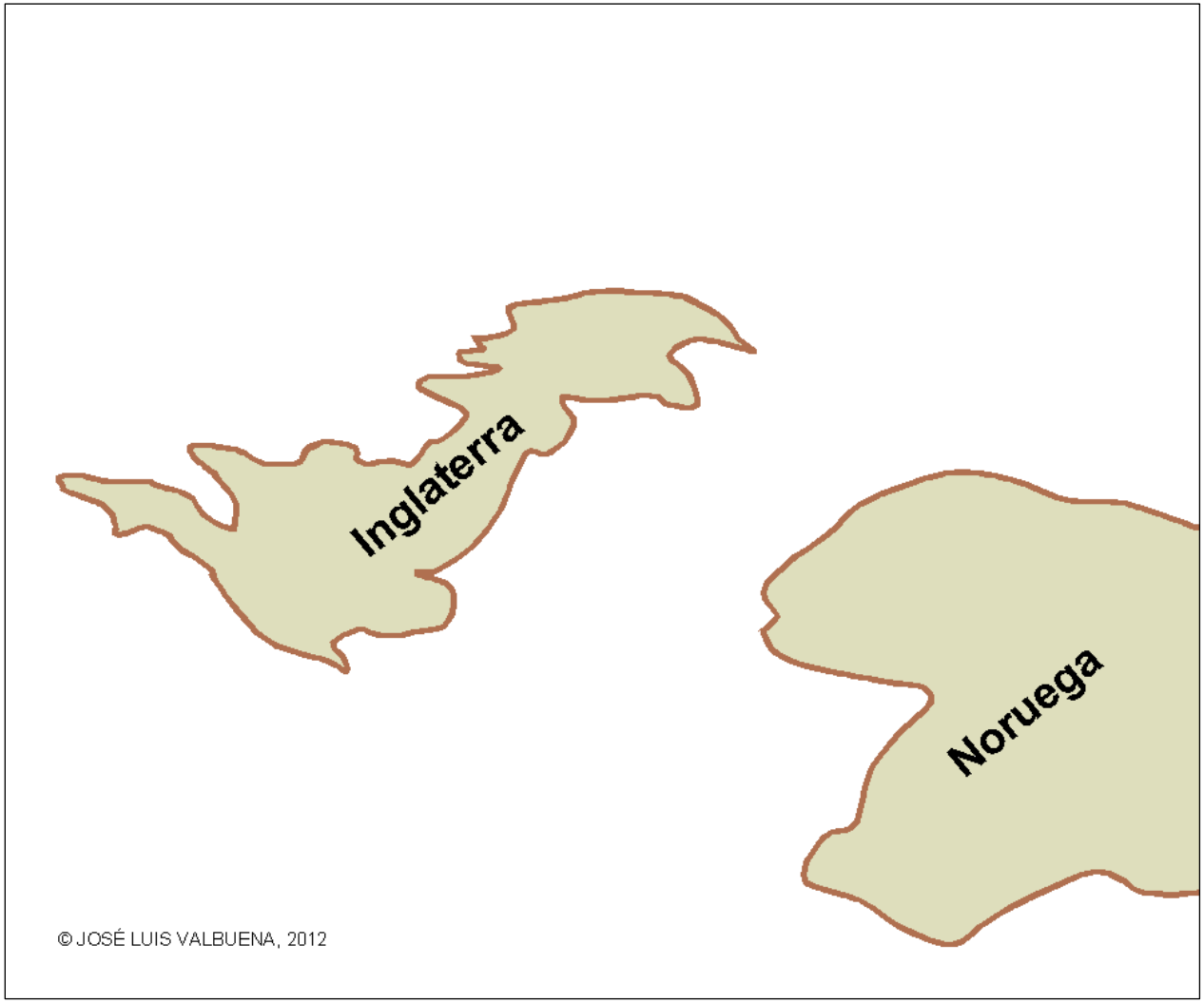
Embrión de la Geodesia espacial

Se utilizaron diversos teodolitos astrogeodésicos universales con registro fotográfico



Embrión de la Geodesia espacial

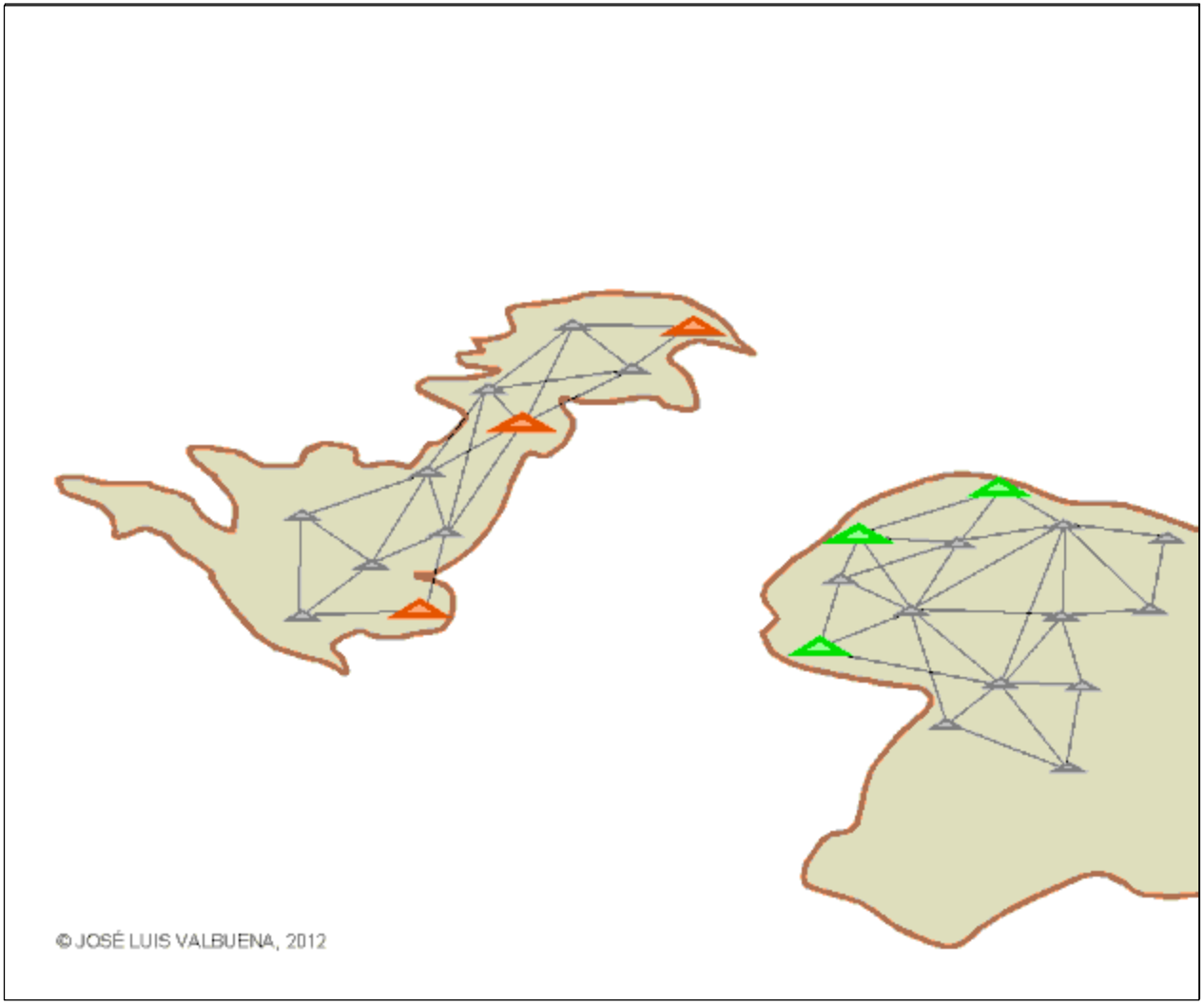
Ejemplo hipotético de enlace Inglaterra - Noruega



Embrión de la Geodesia espacial

Ejemplo hipotético de enlace Inglaterra - Noruega

En cada orilla se utilizan unos vértices geodésicos costeros para realizar las observaciones



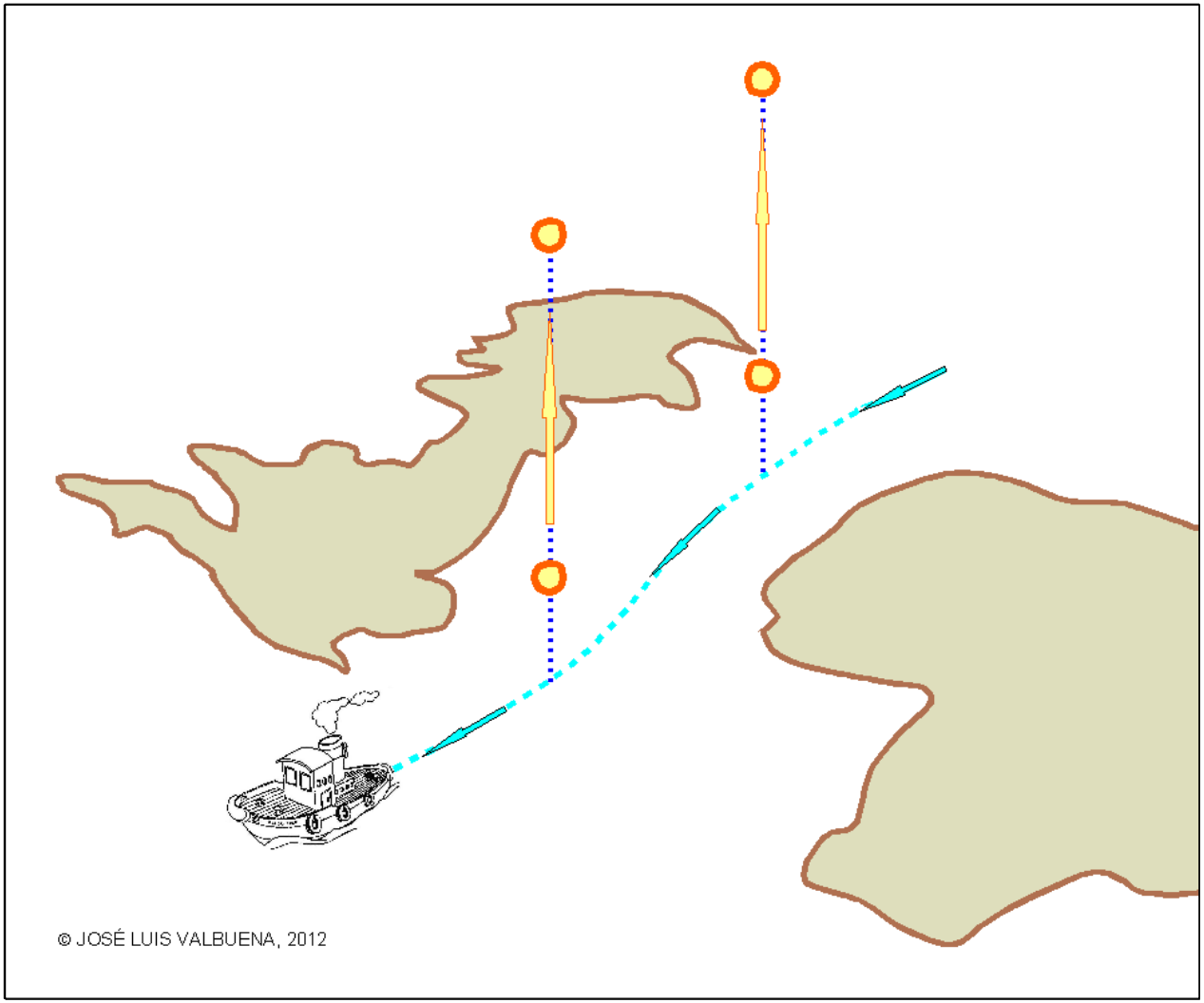
Embrión de la Geodesia espacial

Ejemplo hipotético de enlace Inglaterra - Noruega

Entre ambas costas navega un barco que va soltando globos libres

Hasta que un globo se pierde de vista por su altura no se suelta el siguiente.

Se muestran 4 posiciones durante la ascensión de 2 globos liberados.

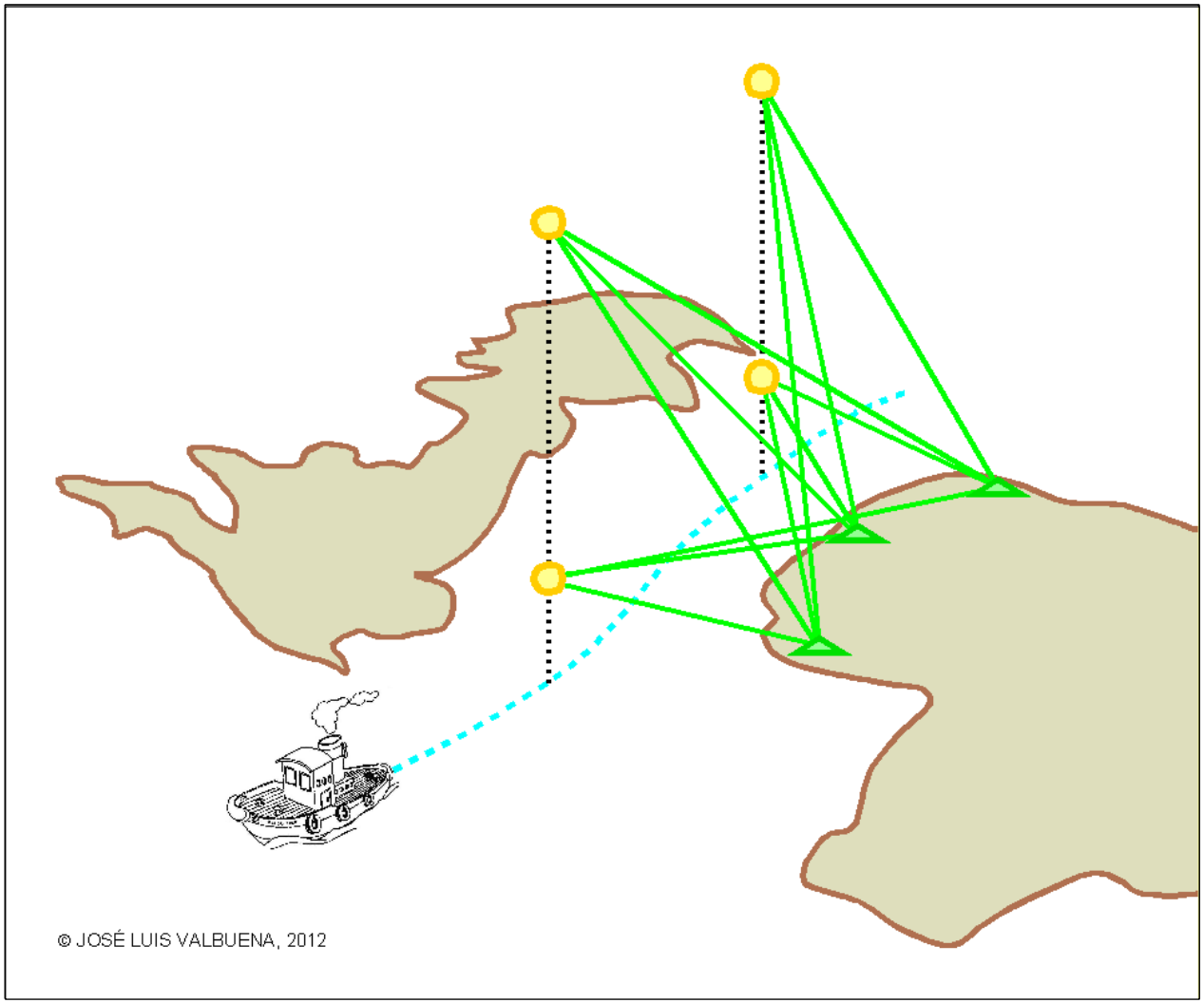


Embrión de la Geodesia espacial

Ejemplo hipotético de enlace Inglaterra - Noruega

Durante la observación se sincroniza vía radio, desde una central, en todos los teodolitos, el registro fotográfico simultáneo de las lecturas H y V en las sucesivas posiciones.

Desde todos los vértices de cada red se va siguiendo cada globo durante su ascenso

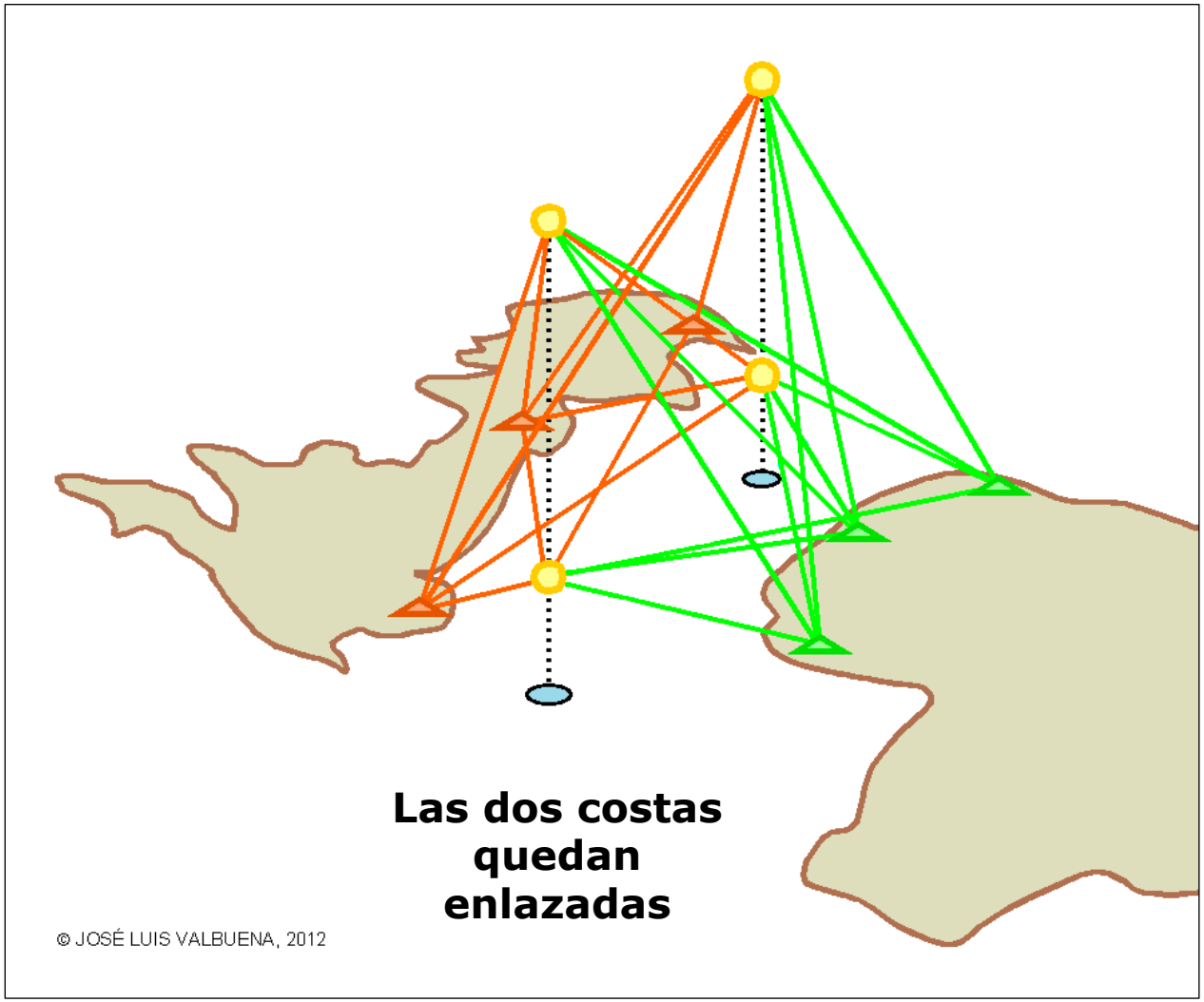


Embrión de la Geodesia espacial

Ejemplo hipotético de enlace Inglaterra - Noruega

Finalmente se tiene una cortina de puntos comunes multisecados simultáneamente desde cada costa, que permite calcular coordenadas en cada sistema

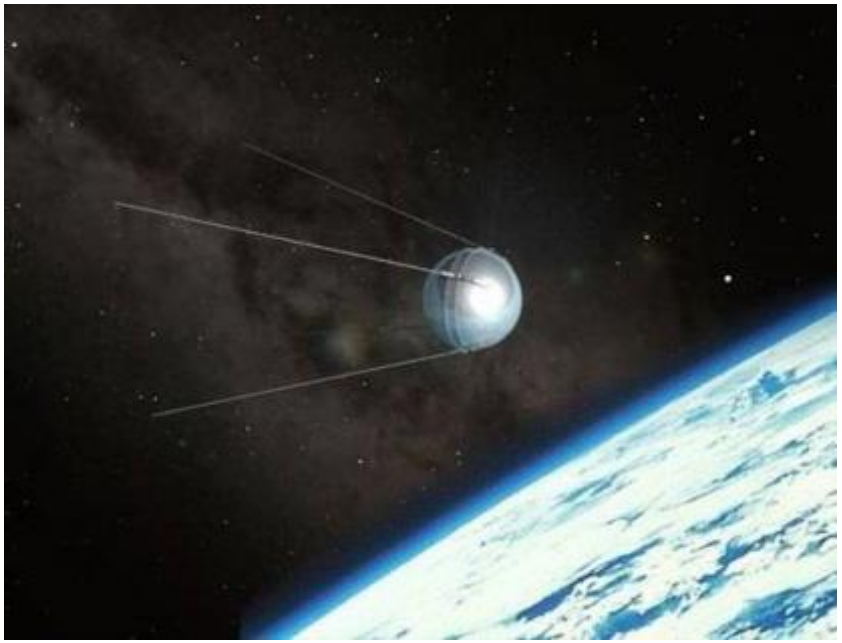
La transformación de Helmert es fácil de imaginar.



Origen de la Geodesia Espacial

En la XI Asamblea General de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional, celebrada en Toronto, del 3 al 14 de septiembre de 1957, un visionario geodesta propuso hipotéticos satélites artificiales, en vez de globos, para enlaces intercontinentales. Ante la rechifla generalizada, el ponente optó por retirarse…

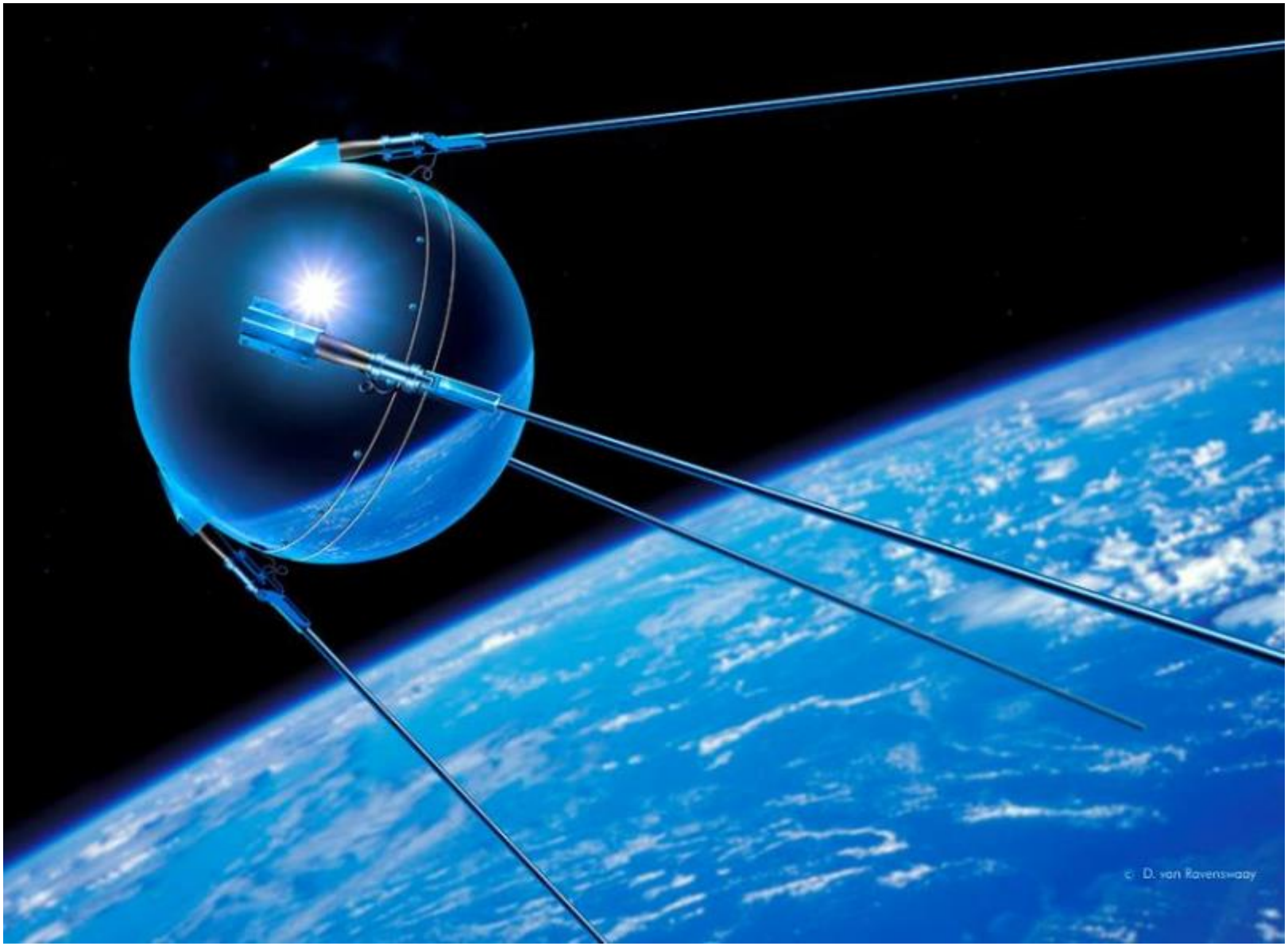
… pero eso no fue óbice para que tres semanas después, el 4 de octubre, la Unión Soviética lanzara el primer satélite artificial: el Sputnik 1



Analizando sus emisiones ('firma' Doppler) desde puntos conocidos en tierra, vieron que se podía establecer la órbita.

La resolución del problema inverso fue el comienzo de la Geodesia Espacial.

Origen de la Geodesia Espacial



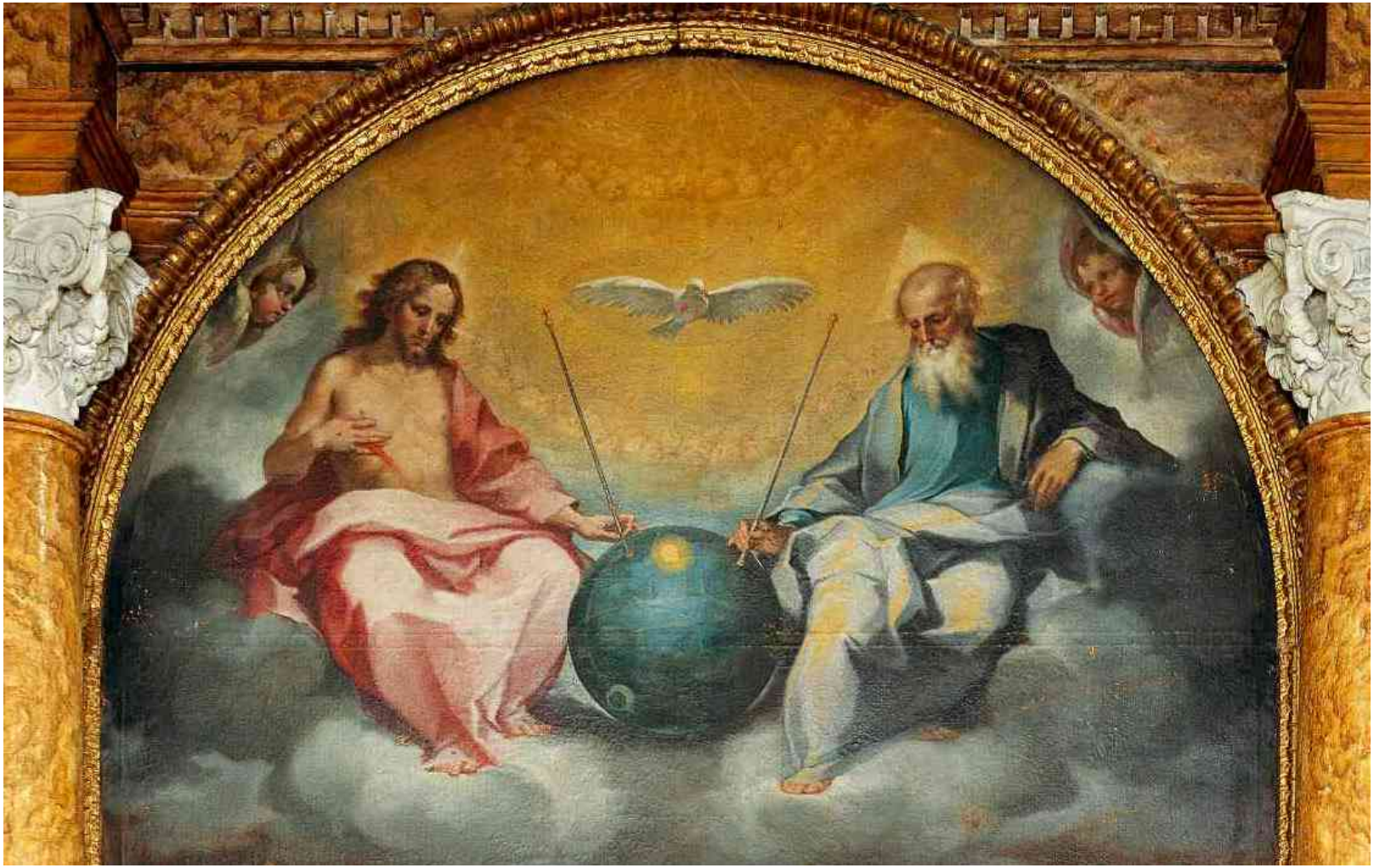
Origen de la Geodesia espacial

Tratando del Sputnik 1 debe hacerse un inciso artístico.

En la iglesia de Montalcino, cerca de Siena (Italia), puede contemplarse, tras el altar central, el retablo de Buenaventura Salimbeni *La Glorificación de la Eucaristía*, pintado en 1614

Lo más notable está en la parte superior.

Origen de la Geodesia espacial

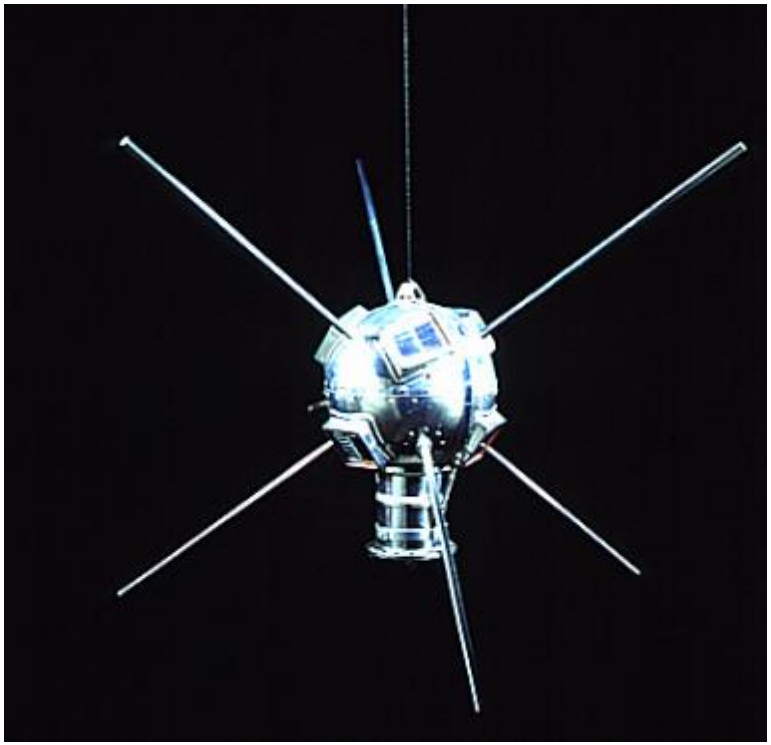


Este 'Mundo', del siglo XVII, tiene un parecido demasiado familiar con algo espacial del siglo XX (hasta parece estar provisto de un objetivo de cámara)

Origen de la Geodesia espacial

El bloque soviético ganó la carrera espacial del primer satélite al poner en órbita el Sputnik 1.

Un año y medio después EE.UU. lanzó el segundo, el Vanguard-1



Sin embargo, el Vanguard tiene el record de perseverancia, porque aún permanece en el espacio.

En la época, los gringos decían que los americanos acabaron la carrera segundos, y los rusos, penúltimos.

El Valbu *fecit 2007 - 2019*

Fin

TOPO MOLA MAZO

elvalbu@yahoo.es

Gracias por la atención prestada

elvalbu@yahoo.es