

EL PRIMER ENLACE GEODÉSICO ENTRE EUROPA Y AFRICA

José Luis Almazán Gárate - Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos - Universidad Politécnica de Madrid

Amparo Verdú Vázquez - Ingeniera en Geodesia y Cartografía - Universidad Alfonso X el Sabio

Adolfo Dalda Mouron - Ingeniero Geógrafo - Instituto Geográfico Nacional

M^a Carmen Palomino Monzón - Dra. en Ciencias Físicas - Universidad Politécnica de Madrid

José Luis Almazán Gárate, ETS Ingenieros de Caminos Canales y Puertos

RESUMEN:

La cercanía de las costas entre los continentes Africano y Europeo ha ofrecido la posibilidad, a lo largo de la historia, de establecer visuales entre ambos continentes sin excesivas complicaciones. La importancia de establecer enlaces geodésicos entre los distintos continentes, viene determinada por el establecimiento de un sistema de referencia común, que sirva para homogeneizar la cartografía y para la posterior ejecución de obras de ingeniería intercontinentales, que ayuden al desarrollo socio-económico de los territorios involucrados.

El presente artículo trata del estudio del primer enlace geodésico realizado entre España y Argelia, en 1879; bajo la dirección del General Ibáñez de Ibero por parte española y del Coronel Perrier por parte francesa.

PALABRAS CLAVE: Africa, Europa, enlace geodésico, Estrecho de Gibraltar, Ibáñez de Ibero

ABSTRACT:

The nearness of the African and European Continents at the Western Mediterranean, has offered along history the possibility of establishing geodetic links between both Continents. The importance of these is due to the requirements needed to produce cartography of both shores with common references, to be able to navigate referred to both shores at a time, or to be able to build fixed links between Europe and Africa, to help sustainable development of both territories.

This article presents the first geodetic link between Spain and Northern Africa, made in 1879, under the direction of the Spanish scientist and Army General Mr. Ibáñez de Ibero and the French Colonel Mr. Perrier.

KEY-WORDS: Africa, Europe, geodetic link, the strait of Gibraltar, Ibáñez de Ibero

Introducción

La creación del Instituto Geográfico y Estadístico (hoy, Instituto Geográfico Nacional), cuya iniciativa, proyecto y organización se deben a Ibáñez de Ibero, se realizó en 1870. Inmediatamente se comenzó la confección y publicación del mapa topográfico de España a escala 1:50.000. Ese magnífico mapa, cuya primera hoja se publicó en 1875, y que llevaba publicadas en 1889, cuando dejó Ibáñez de Ibero la dirección, sesenta y tres hojas, representó, según científicos de la época, uno de los modelos más perfectos de la cartografía moderna.

Pero uno de los grandes retos del general era realizar la unión geodésica y astronómica de Europa con África. A finales del siglo XIX, concretamente en 1853 el coronel Peytier y en 1857 Biot habían afirmado que el arco francés podía prolongarse hasta el Sahara, y contribuir así a la determinación de la forma de la tierra.

El mayor de los arcos de meridiano proyectados, el que partiendo de las islas Shetland, al norte de Escocia, terminaba en el Sahara, se hallaba interrumpido en una extensión de 270 kilómetros de longitud, inmensa distancia a la

que jamás se había intentado divisar una señal geodésica. El deseo de enlazar triangulaciones de ambos continentes, europeo y africano, databa de algunos años; pero las tentativas que se habían hecho no habían dado resultado satisfactorio.

Desde mucho tiempo atrás estaba asegurada la visibilidad recíproca entre las costas de España y de Argelia, y tanto los geodestas españoles como los franceses juzgaban realizable el enlace geodésico de los dos continentes. Durante muchos años, el general Ibáñez de Ibero, intentó concienciar a los gobiernos español y francés de la viabilidad del enlace geodésico y astronómico entre los continentes europeo y africano. Por fin, en el verano de 1878, se realizaron los estudios previos.

En 1878 consiguió el general Ibáñez de Ibero que el gobierno francés enviase a Argelia una comisión militar, a la vez que él mandaba otra a las tierras andaluzas para fijar de una manera provisional la posición de los cuatro vértices, previamente elegidos. Y como por el reconocimiento realizado se comprobó que estos puntos eran visibles entre sí, el gobierno español, a propuesta del general, invitó al de Francia a llevar a cabo la operación, que tuvo lugar al año siguiente con personal exclusivamente español en España y francés en Argelia. Se redactó el siguiente convenio entre los dos gobiernos:

- 1) Cada nación debía observar en su propio territorio.
- 2) Las observaciones serían simultáneas en los cuatro vértices.
- 3) Empleo de heliógrafos durante el día y de luz eléctrica durante la noche.
- 4) Empleo de instrumentos y maquinaria idénticos, así como de los mismos métodos. Se pensó además aprovechar la ocasión para hacer observaciones astronómicas a fin de cerrar el gran polígono París-Madrid-Marsella-Argel, para lo que faltaba en tierra la diferencia de longitud entre Argel y M'Sabiha, y por mar la existente entre M'Sabiha y Tetica.

¹Verificándose estudios y tanteos simultáneos en Mulhacén y las Teticas de Vacares, en España; en Filhaoussen y M'Sabiha, en Argelia, encomendados los primeros al Coronel del Estado Mayor don Fernando Monet y los argelinos a los Capitanes del Ejército francés señores Derrien y Koszutski.

Como en aquellos días no se conocía la radio y no había entre España y Argelia cable submarino, para simultaneidad se aprovecharon las señales luminosas o sus eclipses.

Preparativos previos al enlace geodésico

Para el estudio previo se concretaron los vértices del cuadrilátero: Mulhacén y Tetica (Ilustraciones 1 y 2) en España, Filhaoussen y M'Sabiha en Argelia. En la época en la que se hicieron las observaciones, la longitud estaba referida al meridiano de Madrid en el caso de los dos primeros vértices, y al meridiano de París, en el caso de los dos últimos.



Ilustración 1. Estación en el vértice Mulhacén



Ilustración 2. Estación en el vértice Tetica

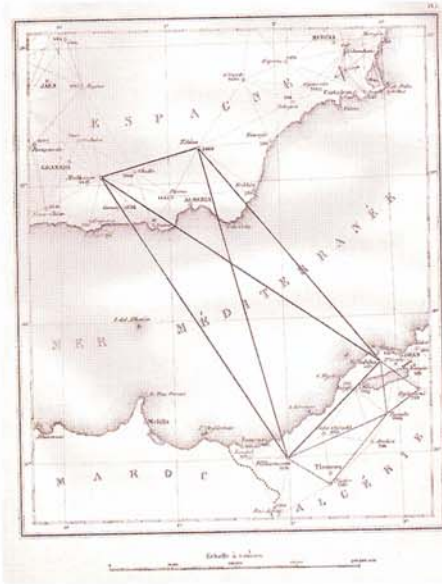
Mulhacén es la montaña más alta de Sierra Nevada, es vértice de primer orden de la red geodésica española, y está situado en la provincia de Granada, a los $37^{\circ} 03' 12''$ de latitud Norte, y $0^{\circ} 22' 34''$ de longitud Este del Meridiano de Madrid. Aunque no excede de 35 km la distancia de la proyección horizontal de su cumbre a la costa, la altitud de esta montaña alcanza la cifra de 3481 metros.

Tetica es el punto más elevado de la Sierra de los Filabres, que corre en dirección Noroeste-Sudeste, y ocupa, en la provincia de Almería, casi todo el territorio comprendido entre los ríos Almanzora y Almería. Este vértice, cuya altitud es de 2.080 metros, está situado a $37^{\circ} 15' 12''$ de latitud Norte, y $1^{\circ} 16' 29''$ de longitud Este del meridiano de Madrid. Es también vértice de primer orden de la red geodésica española.

Filhaoussen está situado en la extremidad oriental de una sierra muy característica, que corre al Sur de Nemours y de Nedroma, en la provincia de Orán. La montaña, de acceso difícil, se dirige de Sudoeste a Nordeste. El pico de Filhaoussen, que tiene una altitud de 1.137 metros, es vértice de primer orden de la triangulación del paralelo argelino, y está situado a los $35^{\circ} 00' 35''$ de latitud Norte y $4^{\circ} 01' 40''$ de longitud Oeste del meridiano de París.

M'Sabiha es el punto culminante de la sierra del Murdjadjo, que corre de Este a Oeste en una extensión de 50 kilómetros, próximo al golfo de Orán, formando en esta región un primer escalón del Atlas. El punto elegido para vértice está a 591 metros de altitud sobre el nivel del mar, a $35^{\circ} 39' 37''$ de latitud Norte y $3^{\circ} 11' 11''$ de longitud Oeste de París. No fue en un principio vértice de la triangulación primordial de Argelia, pero se le enlazó con ella, por procedimientos más precisos, durante el otoño de 1879; siendo desde entonces uno de los vértices más importantes por hallarse situado en la proximidad de la base de Orán.

Las primeras observaciones comenzaron el 27 de septiembre de 1878, midiendo el geodesta español Monet el ángulo Tetica-Mulhacén-Filhaoussen. Ya en el mes de octubre se pudo observar M'Sabiha desde Tetica, en las tardes de los días 13 y 18. Por parte francesa se midieron en Argelia los ángulos correspondientes, terminándose la campaña el 3 de noviembre.



Plano 1. Plano General del enlace

Realización de las observaciones

A primeros de septiembre, nada más instalarse en sus bases, se desató un temporal de vientos y nieve. Descendió el termómetro a diez grados bajo cero. Los observadores experimentaron en los cuatro vértices la decepción de no columbrar durante el día de un lado a otro del Mediterráneo las señales que recíprocamente se transmitían. Ni una sola vez divisaron desde un continente los reflejos de la luz solar que con los heliógrafos se les enviaban desde el otro; y hubiera sido completo el fracaso de la expedición, de no haber utilizado durante la noche las luces eléctricas que mediante potentes reflectores se enviaban mutuamente.

Las observaciones se hicieron por la noche, desde el 9 de septiembre hasta el 4 de octubre, empleando círculos acimutales Brunner y lámparas eléctricas alimentadas por generadores movidos a vapor.

Las penalidades que sufrió el personal acampado en el Mulhacén casi no tienen nombre. La presión barométrica fluctuaba alrededor de 500 milímetros, produciendo perjudiciales efectos sobre la salud de los observadores. La temperatura oscilaba enormemente, y tras la puesta de sol comenzada a descender, siendo insoportable el frío a muchos grados bajo cero. Sobre la nieve congelada por la noche caía durante el día una nueva nevada, que aumentaba el espesor de la que cubría montes y valles. Por último, en la mañana del 19 de septiembre, cayó un rayo sobre el vértice del Mulhacén, descomponiendo parte de los aparatos.

La permanencia en el vértice Mulhacén, sobre el cual se desencadenaban con creciente frecuencia horribles tempestades, era del todo imposible. El geodesta Monet dispuso trasladarse con todo el personal y el material al vértice

ce Tetica, en el cual estaba ya instalado el 10 de octubre, permaneciendo hasta el 24. En este intervalo pudo percibir dos veces los reflejos solares enviados de M'Sabiha, en las tardes del 13 y del 18, y una sola vez los de Filhaoussen, en la mañana del 18 de octubre. Medidos los ángulos formados entre sí por las tres direcciones del cuadrilátero, abandonó el pico de Tetica el 25 de octubre, después de una penosísima campaña de ochenta y un días, con la certeza de que el proyecto de enlace era realizable, aunque con el temor de que su realización exigiría mucho tiempo si los observadores no tenían a su disposición señales verdaderamente extraordinarias.

En Argelia estaba instalado el Capitán Derrien desde el 1 de septiembre, en M'Sabiha, desde el cual, en 1868, el Capitán Perrier había distinguido a simple vista la costa española. Desde el 1 al 12 de septiembre el vértice estuvo cubierto de espesa y persistente niebla, y fue imposible toda observación; pero el día 13 apareció por fin la lluvia, y limpió tan bien la atmósfera, que a la mañana siguiente el heliotropo de Filhaoussen brillaba al Oeste, y la costa española aparecía hacia el Norte-Noroeste confusa todavía en la dirección del Mulhacén, pero muy clara en la de Tetica. El día 26 de septiembre, al ponerse el sol, distinguió la costa española; pero la vio mejor al día siguiente, destacándose de una manera notable las cumbres de Mulhacén y Tetica, gracias a lo cual midió el mencionado geodesta los ángulos y las alturas, dibujando con gran exactitud todas las inflexiones que aparecían en las sierras españolas.

Desde el día 12, avisado de que el coronel Monet había abandonado el vértice Mulhacén para trasladarse a Tetica, el oficial francés hizo apuntar sus espejos en dirección a este vértice. El día 18 de octubre vio aparecer en el campo del antejo un débil resplandor rojizo, que era la luz solar reflejada por el heliotropo. Esta imagen sólo permaneció en el campo del antejo por espacio de veinte minutos; mas fue suficiente para que quedara determinada la dirección a Tetica. Respecto a la de Mulhacén, la forma de esta montaña, vista desde M'Sabiha, podía dar lugar a una incertidumbre de 5' a lo sumo.

Por su parte, el Capitán Koszutski estaba instalado en el vértice Filhaoussen desde el 25 de agosto. Solamente el 26 de septiembre divisó por primera vez la costa española. Mulhacén se destacaba perfectamente también se distinguía Tetica, pero no sus heliotropos, que permanecían invisibles. Finalmente el 24 de octubre pudieron medirse los ángulos y las alturas. La campaña francesa terminó el 3 de noviembre de 1878.

El resultado de este reconocimiento preliminar hizo factible el proyecto, de manera que el gobierno español invitó a su homólogo francés para que participase en el mismo, decidiendo ambos que el general Ibáñez de Ibero y el comandante Perrier coordinasen los trabajos.

Se construyeron 1.100 metros de caminos de montaña de dos metros de ancho, por los cuales y con grandes dificultades, se pudo izar hasta la altura mayor de España, o sea, hasta el vértice del Mulhacén, en la cumbre de Sierra Nevada, el enorme bagaje científico que era necesario utilizar. Se trataría de un cuadrilátero gigantesco sobre el Mediterráneo. Una de sus diagonales y un lado miden cerca de 270 km.

Resultados preliminares

A continuación se muestran los resultados suministrados por los reconocimientos preliminares:

EN ESPAÑA			
En Mulhacén: Coronel Monet			
	Direcciones.	Ángulo.	Distancia Central.
Tetica	0° 00'	72° 29'
Filhaoussen	72° 29'	91° 31'
En Tetica: Coronel Monet			
	Direcciones.	Ángulo.	Distancia Central.
M'Sabiha	0° 00'	91° 14'
Filhaoussen	24° 01'	91° 11'
Mulhacén	113° 40'	
EN ARGELIA			
En M'Sabiha: Capitán Derrien			
	Direcciones.	Ángulo.	Distancia Central.
Filhaoussen	0° 00'	100° 11'
Mulhacén	87° 79'	100° 43'
Tetica	105° 71'	100° 49'
En Filhaoussen: Capitán Koszutski			
	Direcciones.	Ángulo.	Distancia Central.
M'Sabiha	0° 00'	100° 78'
Tetica	67° 61'	100° 86'
Mulhacén	87° 46'	100° 58'

Comparando estos resultados con los definitivos, se obtiene menos de un minuto sexagesimal de diferencia, exceptuando una máxima de diez minutos, que proviene de la incertidumbre de las punterías hechas desde M'Sabiha a Mulhacén, error presumible a causa de la forma de esta montaña.

A partir de la experiencia adquirida durante la campaña de 1878, se adoptó el acuerdo siguiente:

- 1) Los jefes y oficiales de cada nación harían las observaciones en su respectivo territorio.
- 2) Las observaciones se harían simultáneamente en los cuatro vértices, con objeto de terminarlas en el transcurso de una sola campaña.
- 3) Se emplearían, durante el día, señales solares, y durante la noche, la luz eléctrica, en las cuatro estaciones del cuadrilátero.
- 4) Los instrumentos, aparatos y máquinas serían idénticos en las cuatro estaciones, así como los métodos de observación.

Ibáñez y Perrier acordaron que los instrumentos serían idénticos (un círculo acimutal y otro de meridiano portátil (Figuras 1 y 2) construidos en los talleres de los hermanos Brunner²) y que las observaciones deberían ser simultáneas, usando heliotropos durante el día y por la noche la luz generada por potentes máquinas de vapor.

² El instrumento círculo acimutal Brunner posee la doble ventaja de servir igual para observaciones diurnas que nocturnas y de que, por la aplicación de un retículo móvil, se aumenta considerablemente la precisión de las punterías.

Asimismo programaron un enlace astronómico para cerrar el polígono Madrid-París-Marsella-Argel, que se efectuaría sobre los vértices Tetica y M'Sabiha, una vez finalizado el geodésico; en ellos se calcularía no solamente la diferencia de longitudes sino también la latitud y el acimut de una dirección.

Observaciones geodésicas

En abril de 1879, no pudiendo ausentarse de Madrid el general Ibáñez y habiendo renunciado el coronel Monet por motivos de salud, se nombró al coronel Joaquín Barraquer jefe de la operación, asignándole el vértice Mulhacén por su especial dificultad, aunque fuera auxiliado por Borrés y Cebrián. La observación del Tetica se encomendó a los geodestas López y Piñar. El encargado de la observación astronómica sería Miguel Merino y Melchor,

acompañado de Antonio Esteban. La dirección del equipo francés recayó sobre Perrier que permanecería en M'Sabiha, asistido por Derrien y Defforges. En Filhaoussen el jefe del equipo sería Bassot, ayudado por Sever y Koszutski. Las expediciones quedaron instaladas en los cuatro vértices el día 20 de agosto. Las dificultades meteorológicas hicieron imposible observación alguna hasta la noche de 9 de septiembre, en que Perrier divisó la luz del Tetica. La noche siguiente las cuatro estaciones se veían a simple vista. Con los naturales intervalos de mal tiempo se lograron medir todos los ángulos del cuadrilátero y culminar el enlace geodésico el día 2 de octubre. Los ángulos sólo pudieron medirse gracias a las señales luminosas nocturnas, las diurnas no se vieron ni un solo día.

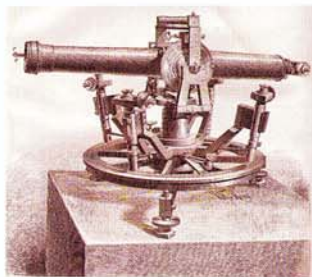


Fig. 1. Círculo Azimutal Reiterador

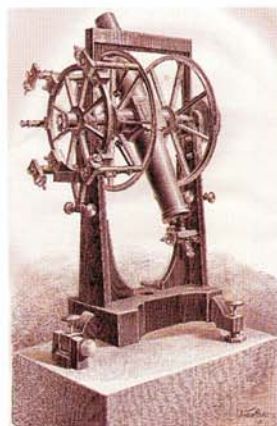


Fig. 2. Círculo Meridiano Portátil

Este enlace fue uno de los que ha planteado mayores problemas, tanto en el aspecto teórico como en el puramente observacional. Conocido el relieve y la climatología de las zonas respectivas, se comprenden las grandes dificultades que tuvieron que vencer en el transporte del material científico y de aprovisionamiento, así como en las observaciones propiamente dichas. Todos los trabajos fueron objeto de una publicación científica internacional titulada: *Jonction geodesique et astronomique de l'Algerie avec l'Espagne*, aparecida en París en el año 1886, debida a Carlos Ibáñez y a François Perrier. En las memorias del Instituto Geográfico y Estadístico, concretamente en el tomo VII, correspondiente al año 1888, se da cuenta también del acontecimiento.

Precisión y resultados del enlace.

El cálculo se ha hecho tomando como lado de partida el español Mulhacén-Tetica, cuya longitud más probable se ha deducido de la triangulación española, con auxilio de las tres bases Madrideojos, Arcos y Cartagena. El valor obtenido para el lado argelino M'Sabiha-Filhaoussen es: 105 179.35 m.

Calculando este mismo lado a partir de las bases de Argel y de Orán y de la triangulación argelina, se obtiene, como valor más probable: 105 178.56 m, que difiere del anterior en 0.79 metros.

La diferencia relativa entre los valores de este lado, calculados por las dos triangulaciones, la de España y la de Argelia, combinadas con las bases principales y lejanas de Madrideojos y de Argel, asciende tan solo a:

$$\frac{0.79}{105\ 179} = \frac{1}{133\ 000}$$

resultado que manifiesta el alto grado de precisión.

CÁLCULO DE COORDENADAS

Las coordenadas de los vértices del cuadrilátero de enlace se han calculado partiendo de las coordenadas astronómicas de M'Sabiha, y con auxilio del azimut astronómico, medido en este punto por el comandante Perrier:

Latitud Norte (L)	35° 39' 37"05
Longitud Oeste (M)	3° 11' 10"77
Azimut (Filhaoussen) (Z)	46° 54' 11"76

En este cálculo se han empleado las fórmulas exactas dadas por el Sr Androe en la triangulación de Dinamarca, las cuales están basadas en la consideración de triángulo polar.

Los resultados son:

ESTACIONES	Elipsoide de Bessel
M'Sabiha	L = 35° 39' 37"05
	M = 3° 11' 10"77
	Z (Filhaoussen) = 46° 54' 11"76
Filhaoussen	L = 35° 00' 34"64
	M = 4° 01' 39"69
	Z (M'Sabiha) = 226° 24' 59"22
Mulhacén	L = 37° 03' 17"59
	M = 5° 38' 57"91
	Z (Tetica) = 254° 14' 54"85
Tetica	L = 37° 15' 14"71
	M = 4° 45' 03"14
	Z (Mulhacén) = 74° 47' 28"59

Más adelante (1931-32) se completó dicho enlace con otro gran cuadrilátero, cuyos vértices son: Mulhacén, Torrecilla de Tolox (en España) y kely, Gurugú (en Marruecos). Otras visuales enlazan también la isla de Alborán con Mulhacén, Tetica y Gurugú, así como este último vértice con Filhausen, cuyo lado no se llegó a observar hasta el año 1950. Una de las diagonales nuevas mide 258 km. El conjunto de los dos cuadriláteros se conoce con el nombre de "Red del Mediterráneo Occidental".

Bibliografía:

GENERAL IBÁÑEZ; CORONEL PERRIER (1883): "Enlace Geodésico y Astronómico de la Argelia con España" en Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico. Tomo VII. Instituto Geográfico y Estadístico, Madrid

GENERAL IBÁÑEZ; CORONEL PERRIER (1886): *Jonction geodesique et astronomique de l'Algerie avec l'Espagne*. Imprimerie nationale. Paris

IBÁÑEZ DE IBERO, Carlos; MERINO, Miguel (1880): "Notas presentadas a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales" del Enlace Geodésico y Astronómico de Europa y África. Imprenta Aguado. Madrid

IBÁÑEZ DE IBERO, Carlos (1927): Un túnel bajo el estrecho de Gibraltar. Texto en castellano y en francés. Imprimerie typographique Coueslant. Paris

MARQUÉS DE MULHACÉN, IBÁÑEZ DE IBERO, Carlos (1956): "El túnel del estrecho de Gibraltar" Instituto de Estudios Africanos. Centro Superior de Investigaciones Científicas. Madrid

MARQUÉS DE MULHACÉN, IBÁÑEZ DE IBERO, Carlos (1956): "Conferencia del Sr. Marqués de Mulhacén. La obra científica del General Marqués de Mulhacén y la unión geodésica y astronómica de Europa con África" Archivos del Instituto de Estudios Africanos. Año IX. Nº 37. Centro Superior de Investigaciones Científicas. Madrid

MARTINEZ UTESA, M^o Carmen (1995): Ciencia y milicia en el siglo XIX en España: El General Ibáñez e Ibáñez de Ibero. Instituto Geográfico Nacional. Madrid

PALADIN CUADRADO, Ángel (1969): "La Red Geodésica Española" en el Boletín de Información nº 5. Primer trimestre. Servicio Geográfico del Ejército. Madrid

RUIZ MORALES, Mario; RUIZ BUSTOS, Mónica (2000): Forma y dimensiones de la tierra. Síntesis y evolución histórica. Ediciones del Serbal. Barcelona