

POSICIONAMIENTO Y ORIENTACIÓN EN LA MAR / *SEA POSITIONING AND ORIENTATION*

Aitor MARTÍNEZ LOZARES

Capitán de la Marina Mercante

Doctor en Náutica y Transporte Marítimo

aitor.martinez@ehu.es

Resumen: Desde las aportaciones para la determinación de las coordenadas terrestres de Ptolomeo (referenciando el Ecuador) hasta los sistemas actuales de coordenadas de posicionamiento como el World Geodetic System, utilizado por los sistemas globales de navegación por satélite, fue necesario desarrollar un método de representación cartográfica como el de Mercator (actualmente vigente). La crucial intervención para la solución horaria del inglés Tacker con un reloj de precisión en una caja al vacío, al que denominó cronómetro, que sería perfeccionado mas tarde John Harrison y que actualmente ha sido sustituido por los relojes atómicos medidores de pulsos del Cesio 133. De forma paralela y desde las antiguas magnetitas utilizadas como brújulas hasta el Compás Magnético Integral que aquí presentamos, Cardano, Knight, Flinder y muy en especial Thomson han contribuido a optimizar la bitácora, que actualmente nos proporciona uno de los rumbos del buque.

Palabras clave: Compás magnético - Brújula - Cartografía - Navegación

Abstract: From Ptolomeo's contribution to the determination of geographic coordinates referencing the Equator, to the current positioning systems such as the World Geodetic System used by global navigation satellite systems, it was necessary to develop a cartographic representation method like Mercator's (currently in force). The British Tacker provided an essential solution to the measurement of time by devising a precision clock set inside an airtight box, which he denominated chronometer. Later, John Harrison perfected the device. Nowadays it has been replaced by the atomic clocks that measure the pulses of Cesium 133. Cardano, Knight, Flinder and particularly Thomson contributed to optimize the log that provides us at present with one of the courses of the ship. These authors worked on many different devices ranging from old magnetite used as a compass to the modern Integral / Integrated Magnetic Compass we are here presenting.

Key words: Magnetic compass - Compass - Cartography - Navigation

La determinación de las coordenadas terrestres, latitud y Longitud, que en la actualidad no solo carecen de dificultad para poder ser determinadas, sino que se definen con un acotamiento extremo, tienen tras de sí unas profundas reflexiones para su estudio en diferentes campos.

Así como la latitud fue conocida desde muy antiguo, prácticamente desde los orígenes de la astronomía, al poderse tomar altura de los astros mediante: ballestilla, astrolabio, octante y finalmente sextante, la Longitud fue un parámetro difícil de determinar, puesto que su raíz no se encuentra en la astronomía, si no en la necesidad de contar con su presencia en mapas y cartas geográficas, siendo su origen fruto de una elaboración enteramente humana.

Para la determinación de las coordenadas terrestres, fueron los conocimientos de todo un erudito de la antigüedad como Claudio Ptolomeo (200 d.C.) cuyas obras maestras de astronomía, geografía y matemáticas, perduraron en la Europa medieval hasta el Renacimiento de mediados del siglo XVI con aportaciones de otro grande de la cartografía como Mercator cuyas proyecciones son actualmente utilizadas para posicionamiento.

Ptolomeo fue el primero en fijar los lugares terrestres en sus mapas usando las coordenadas de latitud y Longitud. Referenció el Ecuador como círculo máximo de origen astronómico en el cual basar la medición matemática de las latitudes. Pero se le presentaba el problema de fijar un meridiano de referencia o llamado cero, destinado a establecer la magnitud de las Longitudes.

Así pues su trabajo marcó sin duda el apogeo de la cartografía antigua, también el final del gran impulso de los alejandrinos, puesto que respecto a los mapas griegos, los romanos supusieron un retroceso.

Por aquel entonces, optó por el que comprendía las islas llamadas afortunadas; Islas Canarias y Madeira. Constituyendo así el mencionado meridiano y originario de posteriores, hasta la localización definitiva del actual Meridiano de Greenwich.



Claudio Ptolomeo según grabado alemán del S. XV, Galileo Galilei y Edmund Halley /
*Claudius Ptolomeo as of XVth century German engraving, Galileo Galilei and
Edmund Halley*

Quedando así refrendada la diversidad del origen de latitud y Longitud. La primera como hemos dicho de fundamento astronómico y, la segunda basada enteramente en decisiones humanas, con las consiguientes alteraciones sufridas a lo largo del tiempo que supusieron a su vez catástrofes tanto en el área de la navegación como en la geografía en general.

Tras la búsqueda de la Longitud, sin solución alguna transcurridos ya centenares de años, comienzan serios esfuerzos en el transcurso del siglo XVII. Diferentes astrónomos de renombre de la época como Galileo, Newton o Halley, se evocaron a la búsqueda de un desenlace que se preveía por dos vías diferentes.

La astronómica o la derivada de la diferencia de hora entre dos lugares separados en Longitud. Esta última basada en el hecho de que la tierra tarda 24 horas en efectuar un giro completo en torno a su eje lo cual equivale a 360° (determinando lo que conocemos como movimiento de rotación), estableciéndose las siguientes equivalencias:

A cada hora en tiempo, le corresponden 15° de arco de Ecuador o lo que es lo mismo de diferencia de Longitud. 1° de Ecuador a 4 minutos y 1 minuto de arco a 4 segundos en tiempo.

De ahí y sin entrar en detalles de diferenciación entre los diferentes tipos de tiempo como pueden ser el sidéreo, el verdadero, el medio o el universal, decimos que la precisión horaria resultaba ya indispensable para enfocar la solución mediante el sistema de hora enunciado, ya que se carecía de relojes con la exactitud requerida.

En todas ellas vemos la importancia del tiempo para la determinación de la Longitud y a principios del siglo XVIII en el que Inglaterra como primera potencia naval europea, unida a profesionales de la mar y comerciantes marítimos, urgieron al gobierno a tomar alguna medida seria y definitiva que procurase solucionar el problema referente a la coordenada de la Longitud. Así el gobierno británico designó un “Comité de Longitud”. Este comité solicitó la cooperación del mayor sabio de la época, Sir Isaac Newton, que en su primer informe al Parlamento dejó establecido, que el problema de hallar la Longitud se encontraba solucionado en teoría, pero de difícil ejecución con los medios disponibles.

El Parlamento estableció la “Ley de la Longitud” llamando a ingleses y extranjeros a presentar un sistema viable de poder determinar la referida coordenada. Presentándose soluciones tanto en el área de la astronomía como en el horario.

En cuanto a la solución astronómica, Newton después de explicar varias soluciones meramente teóricas, citó el “grandioso método” de la distancia lunar fundamentado en la teoría del astrónomo alemán Johannes Werner, basada en el hecho que el desplazamiento lunar horario es aproximadamente igual a su diámetro. Dando margen a obtener la Longitud a través de medi-



Isaac Newton, Johannes Werner y Girolamo Cardano. Matemático italiano (1501-1576) /
Isaac Newton, Johannes Werner and Italian Mathematician Girolamo Cardano
(1501-1576)

ciones angulares diurnas entre el Sol y la Luna cuando ello fuere posible o entre esta última y determinadas estrellas cuando pudieren ser observadas en el transcurso de crepúsculos o durante la noche.

Mientras que para la solución horaria, fue crucial la intervención del inglés Jeremías Tacker, el cual dio forma a un nuevo tipo de reloj de precisión contenido en una caja al vacío al cual denominó cronómetro.

El reloj montado en una suspensión cardan contaba con un sistema de doble cuerda, lo que le permitía activar la tensión de una de ellas sin que



John Harrison y George Graham (*John Harrison and George Graham*)

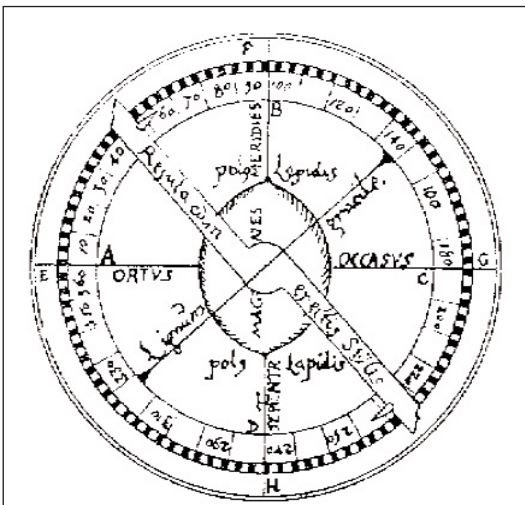
detuviese su funcionamiento. El reloj resultó susceptible a los cambios de temperatura pero sin embargo constituyó un gran adelanto. La exactitud requerida a bordo tardó aún varios años en ser resuelta, y se debió al relojero inglés John Harrison, quien creó el primer cronómetro para marinos, que durante muchos años se fue perfeccionando y poniendo a punto.

Y fue el cronómetro inventado a comienzos del siglo XIX por el relojero suizo Louis Berthoud el único reloj mecánico de alta precisión, perfeccionado su sistema de cuerda. Utilizado por los navegantes para determinar la Longitud geográfica y calcular su posición en alta mar. Asimismo eran usados por astrónomos y joyeros para calibrar instrumentos de medida.

Aunque existe documentación que confirma que fue el astrónomo y relojero suizo George Graham quien utilizó por primera vez la palabra cronómetro para referirse a un mecanismo similar al de un reloj de péndulo pequeño portátil. También se empleó la palabra durante mucho tiempo para determinar los elementos de precisión que se usaban en la marina.

Así pues para determinar la Longitud, se efectuaron estudios para el cálculo de las distancias lunares de J. R. Young, de recta de altura de Thomas H. Sumner, la tangente de A. L. A. Marcq de Blond de Saint-Hilaire, o más recientes como el sistema Greve.

Dentro de la importancia que tiene el tiempo en el posicionamiento, se puede decir a expensas de todas estas investigaciones en estos últimos siglos que de forma paralela, se han ido desarrollando diferentes estudios sobre la utilización de la aguja magnética, con la utilización de magnetitas, y posteriormente de planchas y barras imantadas, en un principio naturales y des-



Rosa de Pedro de Maricourt (1269) / Wind rose of Peter Peregrinus of Maricourt (1269)

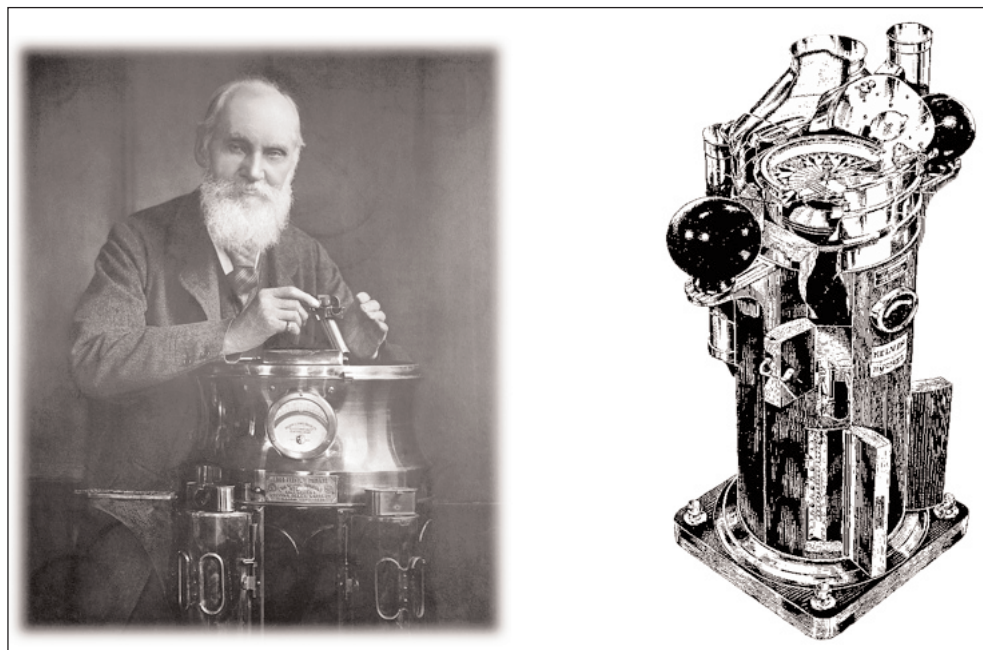


William Gilbert

pués de forma artificial. También los lugares donde se utilizaron como China, Japón y tanto por tierra como por mar. No obstante, hasta el siglo XII no aparece mencionado en ningún escrito la aguja magnética.

Se supone que fue en Europa donde se empezó a utilizar por primera vez para navegar.

Aunque a los chinos se ha adjudicado la utilización de la brújula, muy poco se sabe de su origen, datándolo algunas aproximadamente 2.500 a.C.



William Thomson (Lord Kelvin 1824-1907) y bitácora actual / *William Thomson (Lord Kelvin 1824-1907) and current binnacle*

Situando la aparición de la aguja de marear otros autores a menos de mil años.

En el año 1269 Pietro Peregrino de Maricourt diseñó una brújula que contaba con una aguja fina, utilizada esta por los árabes quienes la extendieron por todo oriente. Pero fue en el siglo XV para que se utilizase como instrumento de navegación a bordo de los barcos, época a partir de la cual se perfecciona y se introducen innovaciones hasta adquirir el aspecto que ha llegado hasta nuestros días.

Múltiples han sido las modificaciones que ha sufrido la aguja a lo largo de la historia, desde un simple trozo de magnetita unida a un flotador sobre un recipiente con agua, hasta la creación de agujas artificiales pegadas a una

rosa de los vientos, creando de esta forma el primer compás magnético.



Anchutz y Sperry, precursores en la aparición del girocompás / *Anchutz and Sperry, the gyrocompass forerunners*

Los avances más relevantes vinieron de la mano de: Girolamo Cardano, Jorge Fournier, Gowin Knight, Flinder, Peter Barlow, William Scoresby, Airy y William Thomson, así como las investigaciones de William Gilbert sobre magnetismo.

Con la aparición de los barcos de metal se tuvo que avanzar en la compensación de la aguja para contrarrestar el efecto de estos metales. Así pues, las bitácoras sufrieron modificaciones hasta llegar a la bitácora de hoy en día, incorporando metales e imanes para dicha compensación. La bitácora actual, incorpora esferas compensadoras de hierro dulce, imanes internos ajustables y la barra flinder.

Los compases giroscópicos fueron probados en la mar por vez primera en el año 1908. Estos equipos fueron aceptados y adoptados desde su comienzo, puesto que señalaban el norte verdadero con independencia del magnetismo terrestre.

A pesar de esa aparente superioridad, el girocompás, también sujeto a errores en cuanto a navegaciones por altas latitudes y dependiendo de la velocidad del buque, además de requerir suministro eléctrico para su funcionamiento.

Actualmente con la aparición de los sistemas globales de navegación por satélite, presentamos paralelamente el Compás Magnético Integral; Se trata

de un dispositivo que mediante un algoritmo computerizado integrado en un panel pc que cumple con la normativa reglamentaria exigida en lo que a equipos electrónicos se refiere, es capaz de obtener mediante el protocolo de comunicaciones informáticas NMEA 0183, tanto la curva como la tabla de desvíos en tiempo real, contrastando dicho sistema integral la información recibida de un compás reglamentario alojado en su propia bitácora debidamente compensando, que seguiremos llamando magistral y que nos facilitará una señal a través de una salida digital que contrastaremos con la señal obtenida por la de un receptor satelitario o un compás giroscópico. Pudién-



Compás Magnético Integral / *Integrated Magnetic Compass*

dose adaptar tanto a Pilotos Automáticos como a equipos de navegación de última generación como E.C.D.I.S. y A.I.S., resultando de gran ayuda a la figura del piloto o navegantes en general.

Este dispositivo se adapta incluso a la estrategia del Comité de Seguridad marítima de la IMO (Organización Marítima Internacional) para el desarrollo e implementación del programa e-Navigation, de intercambio de información marítima por medios electrónicos que generará una infraestructura de comunicaciones permitiendo la transmisión de información de forma rápida, segura y con el grado de confidencialidad adecuado buque–tierra, tierra–buque y buque–buque, o cualquier otro cuando sea requerido.

Las técnicas de posicionamiento y navegación por satélites, han evolucionado de manera tan vertiginosa desde su aparición, que han ido más allá de lo que se pretendía en sus comienzos, llegándose a utilizar actualmente en

aplicaciones que pudiesen considerarse futuristas hasta hace unos pocos años.

Dichos avances tanto en comunicaciones como en desarrollo de los sistemas electrónicos, han originado un amplio despliegue de productos en el mercado, que aunque a día de hoy dichos servicios resultan totalmente gratuitos, no ofrecen la precisión absoluta, ni la integridad necesaria, requerida para la programación desarrollada, ahora bien, en un periodo de tiempo que podríamos definir como medio, con la implantación del sistema Galileo, así como con la coexistencia que Galileo con G.P.S. y Glonass pudieran tener cabida los programas que actualmente se vienen desarrollando.

Para simplificar y centrándonos en el tema que nos ocupa, como es su aplicación a la navegación y más concretamente marítima, en lo que respecta al posicionamiento, la obtención de datos, quedaba limitada únicamente a: posición del buque, como son las coordenadas latitud y longitud y C.O.G. (Course Over Ground) que corresponde al ángulo entre el meridiano geográfico y la línea que une los puntos del centro de gravedad del buque sobre el fondo marino y que conocemos como rumbo de fondo, es decir lleva implícito dos ángulos en el caso de que existiesen agentes influyentes externos como son el de abatimiento originado por el viento y la deriva causada por una corriente existente.

Para concluir, destacar que el CMI Compass, proyecto de la Universidad del País Vasco que tengo la suerte de dirigir como investigador principal, resultó finalista en los prestigiosos premios de diseño DAME del Marine Equipment Trade Show (METS) de Amsterdam, que se celebró el pasado mes de noviembre de 2010.

Bibliografía

ADMIRALTY, *Manual of Navigation*, Londres, Ministry of Defense, vol. 1 y 2, 1992.

CATURLA, J. L., *Sistema de Posicionamiento Global (GPS)*, Madrid, Ed. Instituto Geográfico Nacional, 1988.

GAZTELU-ITURRI, R., *Compensación de la Aguja Náutica (Curso de Compensador)*, Vitoria, Ed. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, 1999.

GAZTELU-ITURRI, R., “La orientación en alta mar”, en *CAPITANES DE MAR*, Barcelona, Ed. Real Asamblea Española de Capitanes de Yate, 2000, pp. 23-24.

GILBERT, W., *De Magnete*, New York, Ed. Dover, 1958.

GURNEY, A., *Compass*, New York, Ed. W.W. Norton & Company, Inc., 2004.

HOFMANN-WELLWNHOF, B., LICHTENEGGER, H. y COLLINS, J.,

GPS Theory and Practice, New York, Ed. Springer-Verlag, 1994.

JUAN, J. de y FERNÁNDEZ-GIMÉNEZ, S., *Historia de la Navegación*, Madrid, Ediciones Urbión, 1980.

LEIK, A., *GPS Satellite Surveying*, New York, Ed. Wiley-Interscience, Fundamentals of Geophysics, 1996.

MARTÍNEZ-HIDALGO Y TERÁN, J.M., *Historia y leyenda de la aguja magnética*, Barcelona, Ed. Gustavo Gili, 1946.

MARTÍNEZ LOZARES, A., *Compás Magnético Integral para la obtención de Desvíos en Tiempo Real, a partir de un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS)*, Bilbao, Ed. Universidad del País Vasco, Serie Tesis Doctorales, 2009.

NISIZA, K., *Atenas*, Ática, Ed. Toubis, 2006.

MARTINEZ-LOZARES, A., *La aguja magnética y su compensación*, Bilbao, E.T.S. de Náutica y Máquinas Navales, 2010, inédito.

ROPARS, J., *El compás giroscópico*, Barcelona, Ed. Gustavo Gili, 1965, pp. 65-113.

SPERRY TYPE, *Manual of the admiralty gyro-compass*, London, Her Majesty's Stationery Office, 1953.

VILA, J. et al., *Física Aplicada a la Navegación: Ondas Termodinámica y Electromagnetismo*, Bilbao, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales y de Ingenieros de Telecomunicación, 1995.

VV.AA., *SALVAT ENCICLOPEDIA DE LAS CIENCIAS*, t. 11: *Matemática, Astronomía*, Pamplona, Ed. Salvat, 1968.

VV.AA., *GRAN ENCICLOPEDIA DEL MAR. Historia de la Navegación*, Barcelona, Ed. Carroggio, 2003.

GPS World:

http://findarticles.com/p/articles/mi_m0BPW/?tag=content;coll

“Innovation: SatNav for Road Tolling”, en *GPS World*, vol. 19, nº 4, abril de 2008.

“Prepare for GIOVE-B Liftoff”

HAHN J. y ALPE, V., “Galileo, Compass on Collision Course”, en *GPS World*, vol. 19, nº 4, abril de 2008, Santa Ana CA, USA, p. 16.

HAHN J. y ALPE, V., “GLONASS Faces Budget Doubters”, en *GPS World*, vol. 19, nº 4, abril de 2008, Santa Ana CA, USA, p. 27.

“Innovation: Jamming-to-Noise-Power Monitor”, *GPS World*, vol. 19, nº 6, junio de 2008, Santa Ana CA, USA, p.

“Galileo's GIOVE-B Broadcasting New MBOC Signal”, en *GPS World*, vol. 19, nº 6, junio de 2008, Santa Ana CA, USA, p. 13.