



LA ORIENTACIÓN EN LA NAVEGACIÓN MARÍTIMA A TRAVÉS DE LA HISTORIA

PROYECTO FINAL DE GRADO

GRADUADO UNIVERSITARIO SENIOR CURSO 2021-2022

Alumno: Jesús Sánchez Mostajo

Tutor: Roger Esteller Curto

ÍNDICE

- 1.- Introducción.
- 2.- Navegación.
- 3.- Historia.
- 4.- Gráficos de palos. – *Ícaro y Dédalo*.
- 5.- Astrolabio. - *Globos*.
- 6.- Brújula. - *Ornitópteros*.
- 7.- Nocturlabio. - *Dirigibles*.
- 8.- Ballestilla, vara de Jacob. - *Planeadores*.
- 9.- Cuadrante de Davis, ballestilla de Davis. - *Yuri Gagarin*.
- 10.- Sextante. - *Luna – Exoplanetas*.
- 11.- Información astronómica.
- 12.- Conclusiones.
- 13.- Bibliografía.

1.- INTRODUCCIÓN.

La última frontera durante millones de años en la historia de los homínidos ha sido la línea que separa el mar de la tierra.

Es fácil imaginarlos en la prehistoria en una playa o un acantilado sobre el mar mirando asombrados esa inmensidad de agua pensando que escondía secretos que nunca podrían conocer.

Para comprender como se debían de sentir, basta con mirar una noche, desde un lugar sin mucha contaminación lumínica y un cielo despejado, hacia arriba. Produce una sensación de asombro e impotencia.

Salvo a causa de accidentes en que fueran arrojados al mar y pudieran asirse a troncos, o algo que flotase, no es probable que se aventuraran a internarse mucho en el agua.

No será hasta la Revolución Neolítica, 10.000-5.000 años atrás, cuando se empieza a utilizar la navegación fluvial y marítima como vía de comunicación y comercio, y por tanto transmisión de conocimiento. La navegación marítima sería de cabotaje, sin abandonar la costa.

Las embarcaciones eran canoas hechas de troncos vaciados mediante útiles de piedra, una *batanga* (estructura de cañas separada y unida a la embarcación para darle estabilidad) y una vela construida trenzando hojas de palma.

2.-NAVEGACIÓN.

Navegación, en su etimología, proviene de la palabra latina *navigatio*, es el viaje que se hace con la nave y la ciencia de navegar, es el conjunto de métodos utilizados para determinar dónde está alguien y cómo puede ir a otro lugar. Dado que esto no requiere mucha técnica cuando los puntos de referencia son visibles, la palabra se suele limitar al ámbito de los barcos y las aeronaves, es decir, navegación terrestre, navegación marítima, navegación aeronáutica y navegación espacial.

En el mar solo hay horizonte, no hay puntos de referencia por los que guiarse salvo en el cabotaje, por ejemplo, una nave desplazada sin control por una tormenta no podría saber dónde se encontraba si no tenía el navegante amplios conocimientos de los astros y del cielo nocturno, así podrían determinar donde se encontraba el norte y a que distancia estaban del ecuador (latitud).

Otras referencias son los tipos de nubes que solo se forman en determinados lugares, como encima de donde hay tierra, la dirección de las olas al rebotar en la costa, determinadas aves que solo se dan en lugares muy concretos, etc.

3.-HISTORIA

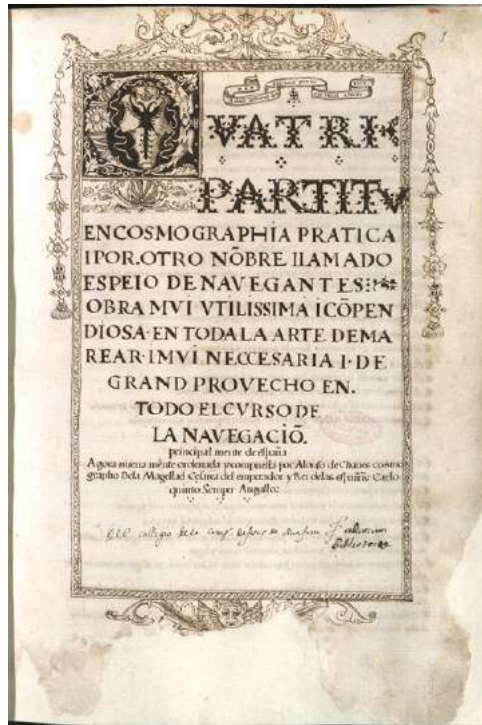
La navegación costera fue practicada desde la más remota antigüedad por las civilizaciones mesopotámicas, que desde los sumerios navegaron por sus dos ríos (Tigris y Éufrates) y por el golfo Pérsico. Los antiguos egipcios tampoco se limitaron a la navegación fluvial del Nilo, y utilizaron las rutas marítimas del Mediterráneo existentes desde el Neolítico (por las que se habrían difundido durante milenios fenómenos culturales como el megalitismo o la metalurgia). Los cretenses llegaron a establecer una verdadera talasocracia"(gobierno de los mares) que se atribuye al rey *Minos*, es en la época micénica (hace 3122-3622 años), en la que habría que situar los hechos mitificados en los poemas homéricos, como las más de mil "cóncavas naves" llegando a las playas de Troya, la mala fortuna del navegante *Ulises* y la pericia de los "argonautas" (entre los que está el constructor del barco que lleva su nombre, Argos).

Los hititas, dirigidos por el rey *Suppiluliuma II* se enfrentaron a los chipriotas en la primera batalla naval registrada históricamente (3230 años atrás.); en la misma época todas las civilizaciones del Mediterráneo Oriental sufrieron las incursiones de los llamados "pueblos del mar". A los fenicios, los griegos los consideraban sus maestros en la navegación, los barcos de *Tiro* (Fenicia) suministraban al rey Salomón mercancías provenientes de lugares lejanos, incluido *Tarshish* (Tartessos), situada entre las actuales provincias de Huelva, Sevilla y Cádiz; a ese destino llevaba un barco fenicio a Jonás, al que la tripulación arrojó al mar al responsabilizarle de la tormenta que amenazaba con hundirles, fue la primera civilización mediterránea que navegó por alta mar a remo y a vela, guiándose por el Sol durante el día, y por la Estrella Polar durante la noche. Atravesando el estrecho de Gibraltar (las "rocas de Melkart", "columnas de Hércules" en los mitos griegos) navegaron por el océano Atlántico llegando por el Sur hasta algún punto de la costa occidental de África y por el Norte hasta las islas británicas.

El conocimiento de la brújula, transmitido a los europeos por los árabes (quienes lo habían obtenido a su vez de los chinos), junto con otras mejoras en técnicas astronómicas (astrolabio, ballestilla, sextante), cartográficas (portulanos) y en la construcción naval (carabela, nao, galeón), potenció la Era

de los Descubrimientos protagonizada inicialmente por portugueses y castellanos; especialmente a partir del impulso dado por *Enrique el Navegante* a la escuela de *Sagres* (Portugal). En 1492 se realizó el primer viaje colombino a América; en 1488 *Bartolomeu Dias* dobló el cabo de Buena Esperanza (lo que abrió la ruta al Índico); *Vasco de Gama* llegó a *Calicut* (India) en 1498; entre 1519 y 1521 la expedición de *Magallanes-Elcano* circunnavegó el mundo gracias a los cálculos de rutas del cosmógrafo *Rui Faleiro* (Portugal). Hasta el siglo XVI la hegemonía hispano-portuguesa en la navegación fue patente en campos como la geografía y la cosmografía. Tanto los pilotos ingleses como los franceses aprendieron a navegar en los textos de Pedro de Medina, Martín Fernández de Enciso y Martín Cortés, entre otros. Así los estados europeos se impusieron con el desarrollo de la navegación celeste al que se llamó “*sistema mundo*”.

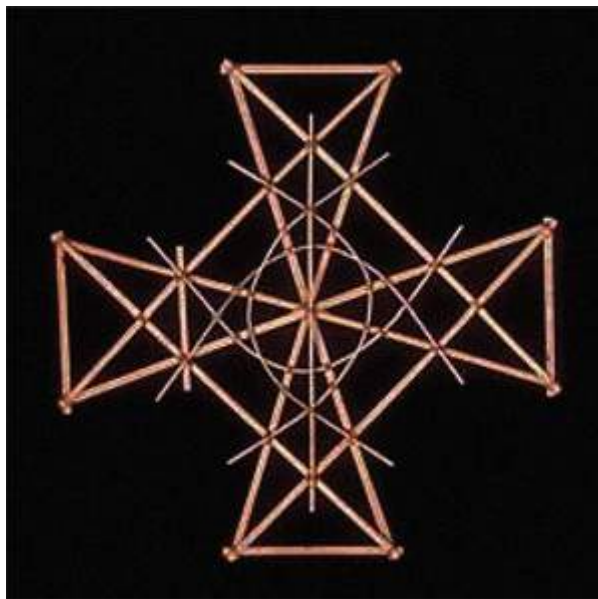
No podían determinar dónde estaban en relación al este-oeste sin tener puntos de referencia o calcular una estima aproximada midiendo el tiempo con un reloj de arena, y la velocidad con una cuerda con nudos hechos a intervalos regulares (de ahí viene la medida en nudos), método muy impreciso porque influían en él situaciones que no podían controlar, como las corrientes y el viento. Hasta que se construyeron relojes–cronómetros lo suficientemente precisos, asequibles y que fueran prácticos para llevar en un barco.



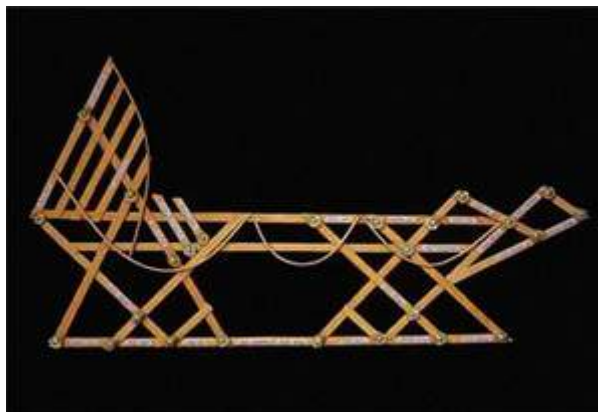
El *Quatri partitu en cosmographia práctica*, por otro nombre *Espejo de navegantes* de Alonso de Chaves (n. ca. 1492 y m. ca. 1586), está considerado como un texto excepcional debido a que es el primero en reunir todos los conocimientos prácticos y teóricos necesarios para la formación de los pilotos en la Casa de Contratación de Sevilla (1503-1790), institución encargada de certificar la competencia de los nuevos pilotos mayores, condición indispensable para navegar hacia el Nuevo Mundo. Tras una etapa de discusión dentro de la Casa, la enseñanza impartida dejó de centrarse en el conocimiento práctico de los navegantes, prevaleciendo el conocimiento teórico-científico, lo que supuso realizar un notable trabajo de compilación, selección y desarrollo de herramientas náuticas (cartas náuticas e instrumentos de uso a bordo). El *Quatri partitu en cosmographia* es la expresión de este cambio, testimonio a medias entre la tradición medieval y el nuevo periodo que se abre para la astronomía y la cartografía de la era de los descubrimientos.

4.- GRÁFICOS DE PALOS. - *Ícaro y Dédalo.*

Los polinesios, dispersos como estaban en más de 1000 islas en el centro y el sur del Océano Pacífico, navegaban a través de enormes extensiones de océano sin ninguna de las complejas ayudas mecánicas que asociamos con la navegación. No tenían el astrolabio ni el sextante, ni la brújula ni el cronómetro. De forma individual cada navegante se hacía su propio mapa de referencias con palos, hojas y conchas, llamados *Rebbelibs*, *Medos*. y *Mattangs*, (Gráficos de palo).

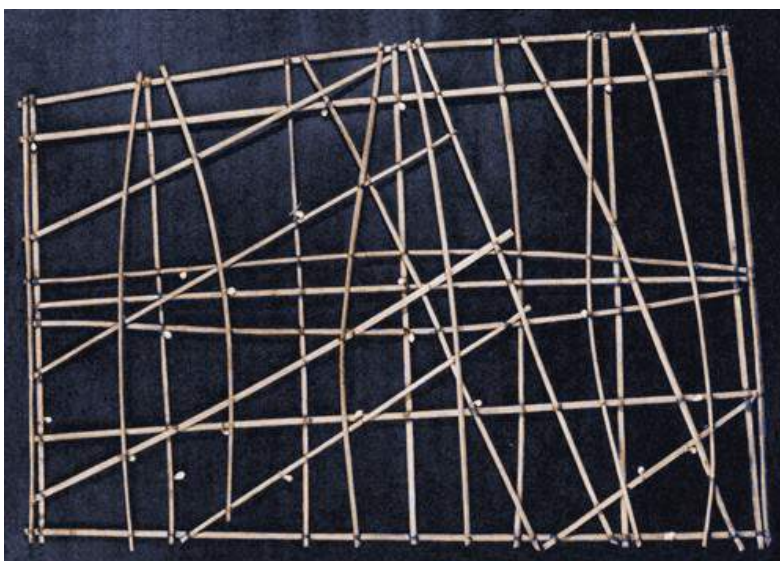


El “*MATTANG*” o “*WAPPEPE*” es un gráfico pequeño de forma cuadrada que muestra patrones de olas alrededor de una sola isla o atolón.



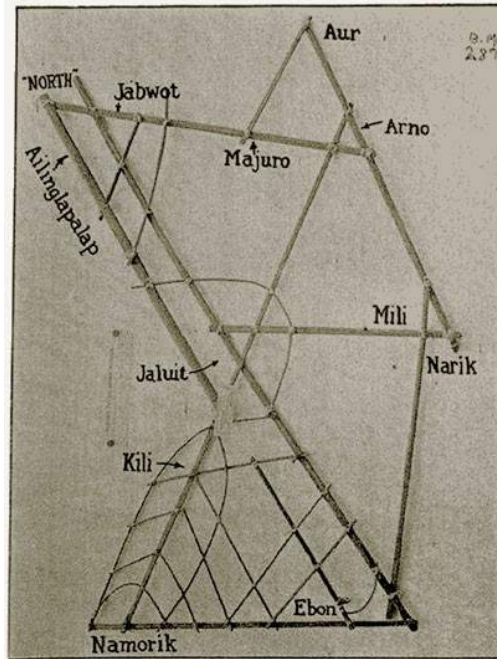
El “*REBBELIB*” es una carta general de navegación de olas que muestra las relaciones entre las islas y las principales marejadas oceánicas.

El “*MEDO*” cubre solo unas pocas islas y es útil para viajes específicos.



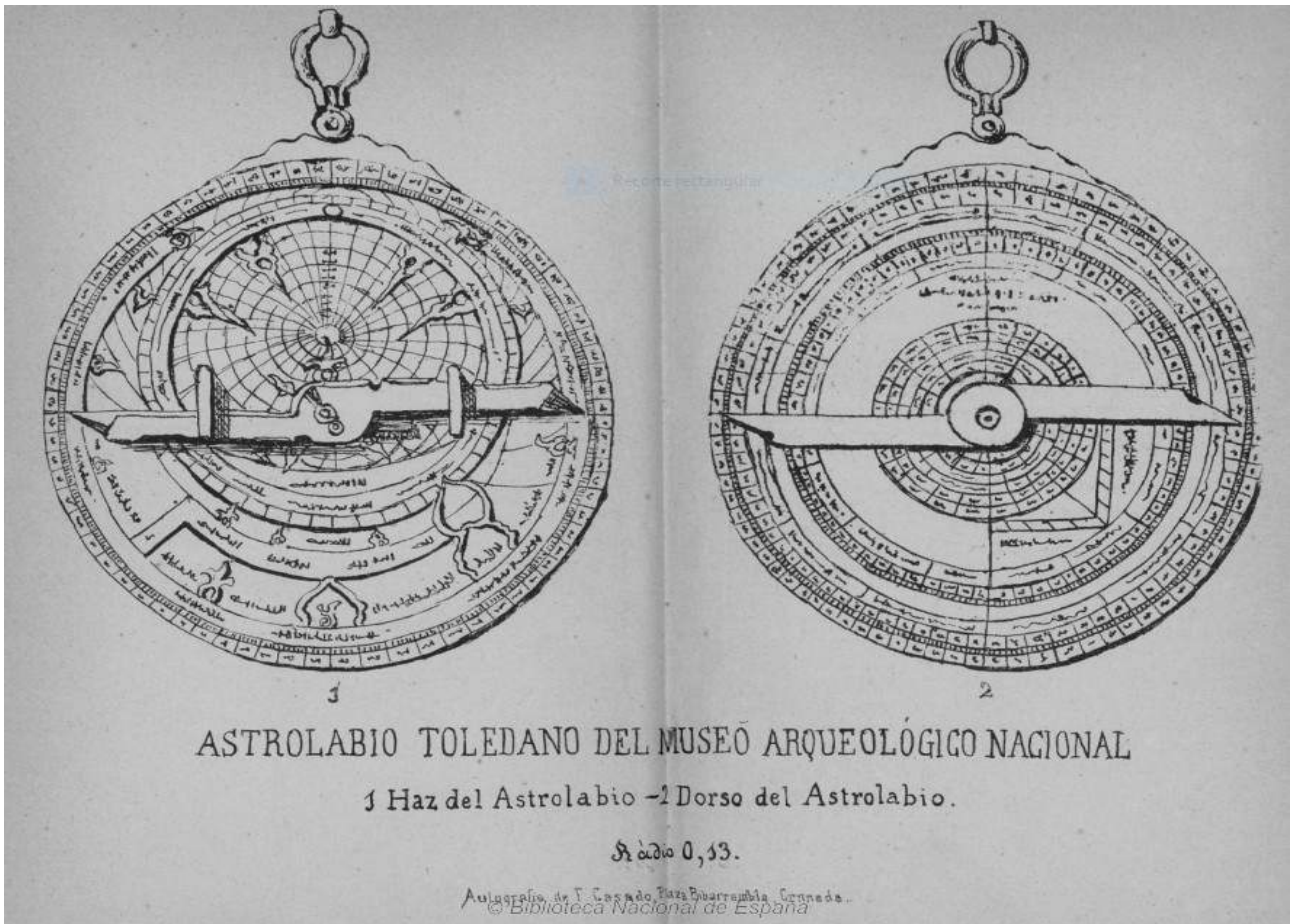
Los gráficos se hacían a partir de tiras delgadas de nervaduras centrales de hojas de coco o raíz de *pandanus*. Luego se unían con *sennit* de coco en patrones geométricos que representaban las corrientes marinas alrededor de los atolones bajos. Pequeñas conchas de *cauri* o guijarros de coral indican las islas y los palos curvos representan patrones de olas.

Los gráficos de palo son una contribución significativa a la historia de la cartografía porque representan un sistema de mapas de las olas del océano, que no se había hecho antes.



Los vikingos también viajaban miles de kilómetros entre el norte de Europa, las Islas Británicas, Islandia y Groenlandia. Iban a la deriva o siguiendo a las ballenas y tenían cuervos a bordo a los que usaban para buscar las tierras más cercanas, contando los días en el mar y mediante el cálculo aproximado de la velocidad del navío, orientaban el rumbo según el sol y las estrellas. Los vikingos a menudo llegaban a conclusiones intuitivas, pero inexactas. En condiciones de niebla o mal tiempo perdían el sentido de la orientación por completo.

5.- ASTROLABIO . - *Globos.*





Astrolabio persa del siglo XVIII.

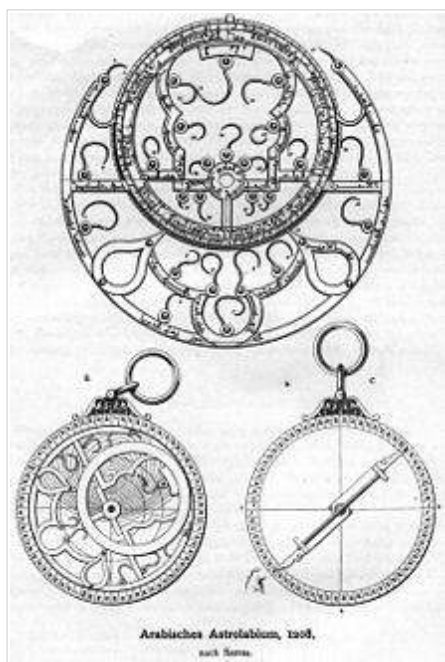
El astrolabio es un antiguo instrumento astronómico que permite determinar la posición y altura de las estrellas y los astros sobre el cielo y con ello las horas y la posición del observador, en función de una serie de cálculos.

La palabra astrolabio significa etimológicamente "el que busca estrellas" y debe su procedencia al griego ("ἄστρον", estrella y "λάβιον", (del verbo "λαμβάνω": tomar, agarrar).

El astrolabio era usado por los navegantes, astrónomos y científicos en general para localizar los astros y observar su movimiento, para determinar la hora a partir de la latitud o, viceversa, para averiguar la latitud conociendo la hora. También sirve para medir distancias por triangulación. Se basa en la proyección estereográfica de la esfera celeste. Consiste en una circunferencia graduada (placa madre o mater) sobre cuyo eje gira una aguja con un punto de mira que se apunta a la estrella elegida. El borde de la madre, o limbo, muestra una escala graduada en grados y a menudo también otra en horas y minutos. En la parte superior, consta de una argolla de la que se suspende el instrumento en posición vertical para realizar las mediciones.

La parte delantera del instrumento, o faz de la mater, es ligeramente cóncava y en ella se insertan otros dos discos. El interno, llamado tímpano, es una placa fija grabada con las coordenadas de la esfera celeste correspondientes a una latitud concreta, incluyendo el cénit, el horizonte, líneas de altitud, acimut, el ecuador celeste, la eclíptica y los trópicos de Cáncer y Capricornio. El externo, llamado araña o red, es giratorio y representa un planisferio transparente con las posiciones del Sol, la Luna y las estrellas más brillantes del lugar. Sobre la araña, una aguja con visor, que se apunta al astro buscado. Dirigiéndola al Sol indica, por el lado del observador, la hora local.

La parte trasera de la madre sirve para saber la altura de una torre, la distancia a esa torre, y el símbolo del zodiaco que está ocupado por el Sol. Encima de esta parte sólo gira una aguja, la alidada con dos pínulas o visores para las lecturas.



Piezas del astrolabio.

En realidad, no se sabe bien quién fue el inventor original. *Hiparco de Nicea* sobre el año 150 a.e.c. ya construía astrolabios. *Apolonio de Perга* inventó uno entre el 220 y 150 a.e.c., Algunas obras del astrónomo y matemático griego *Claudio Ptolomeo*, como el *Almagesto*, describen en el siglo II su construcción y fueron utilizados por otros matemáticos posteriores, como la filósofa *Hipatia de Alejandría* en el siglo V que trabajó con su padre, el astrónomo *Teón*, para hacer correcciones en el *Almagesto* y construir un nuevo astrolabio. El más antiguo que se conserva fue construido por el astrónomo persa *Nastulus* hacia el año 927 y está en el Museo nacional de Kuwait.

En el siglo VIII ya era ampliamente conocido en el mundo islámico y se usaba para saber las horas de oración, el comienzo del ramadán y la localización del muro de La Meca.

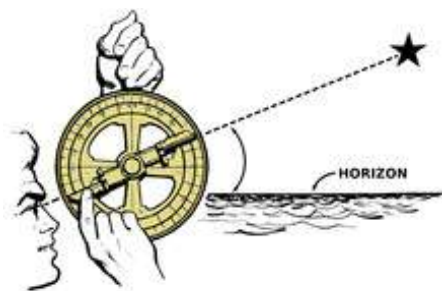
Fue utilizado como el principal instrumento de navegación marítima, alcanzando su apogeo en el siglo XV, tras lo cual fue paulatinamente reemplazado por la “ballestilla de Davis” y luego por el sextante.

El astrolabio a lo largo de la historia se ha ido perfeccionando y diversificando en diferentes tipos: el astrolabio planisférico, diseñado para el cómputo y representación de las posiciones de los astros en una única latitud; el astrolabio universal (válido para todas las latitudes); el astrolabio islámico; o el marino, empleado en la localización de buques.



Astrolabio náutico de hacia 1600.

El astrolabio marino no es un astrolabio en sentido estricto, más bien es un inclinómetro con alidada capaz de medir ángulos verticales, mucho más sencillo de comprender para los navegantes sin conocimientos de astronomía ni de matemáticas. Debido a su uso en ambientes de gran dinamicidad, como lo es a bordo de un barco, donde el viento y el movimiento de la cubierta es habitual, suelen tener una construcción simple y robusta.



Astrolabio marino.

El cosmógrafo español *Martín Cortés de Albacar* en 1551 hace una descripción científica de él en *“El Arte de Navegar”*.

Una de las “joyas” que atesora en sus ricos fondos el Museo Arqueológico de Granada, es un astrolabio de bronce del siglo XV, una excepcional pieza de alto valor científico e histórico, también conocido como Astrolabio de Ibn Zawal, N° de Inventario 12115.



Astrolabio de Ibn Zawal. Fotografía: Javier Algarra.

Su ingreso se produjo mediante adquisición realizada con fecha de 26 de octubre de 1981, por un valor de 34.500 pesetas, abonadas por la Asociación de Amigos del Museo.

Fue, probablemente, uno de los últimos en fabricarse en Granada, importante sede de talleres de fabricación de astrolabios en Al-Ándalus. Su importancia reside en ser el único astrolabio que se conoce que fue construido expresamente para la latitud de Granada en época Nazarita, y de que es uno de los cuarenta que se conservan en todo el mundo, de los cuales veinticuatro se guardan en España, siendo nueve de ellos musulmanes.

El astrolabio de *al-Sahli* es una pieza que forma parte del llamado arte islámico, se fabricó en la ciudad de Tulaytulah, actual Toledo, por el sabio *Ibrahim ibn Said al-Sahli* en el año 1066, y destaca por la peculiaridad de su funcionamiento, que no se asemeja a los demás astrolabios de su época.



Astrolabio andalusí Toledo 1067 (M.A.N.) 04

6.- BRÚJULA. - *Ornitópteros*.

Uno de los métodos de orientación más conocidos y empleados de toda la historia. Inventada en China en el siglo IX, señala el norte a través de una aguja imantada, atraída por el magnetismo terrestre. Debido a los continuos avances tecnológicos, la brújula ha sido reemplazada a lo largo del siglo XX por otros métodos más avanzados. como la brújula giroscópica o los sistemas de posicionamiento global.

Brújula china.

El zhinan zhen (la aguja que señala al sur), es la original brújula magnética, y fue desarrollada para el Feng Shui.

“Calamita”: En química y mineralogía la “magnetita” es una piedra ya de natural imantada por lo que puede atraer hierro. Piezas de esta piedra, suspendidas para que pudieran girar libremente, fueron las primeras “brújulas magnéticas” usadas para la navegación. Las propiedades del magnetismo fueron descubiertas gracias a este mineral.



Calamita

Aguja náutica.



Aguja náutica para navegación deportiva.

La aguja náutica, también llamada *aguja de marear*, se usa para orientar la dirección de la quilla con respecto a la línea norte-sur del horizonte y sirve para hacer seguir al buque un rumbo preciso al ir de un punto a otro.

Consiste en uno o varios imanes unidos a un ligero círculo graduado, llamado rosa de los vientos, que está suspendido por su centro de gravedad para que pueda girar libremente, y en virtud de las propiedades de los imanes, se oriente en la dirección del meridiano magnético.

La rosa de los vientos va dentro de un recipiente con tapa de cristal llamado *mortero*, montado con suspensión cardan en el interior de la bitácora.

Compás.



Rosa de los vientos de un compás.

Compás de retícula.

El compás de retícula, o compás de rejilla, es un instrumento de navegación que proporciona una dirección de referencia (en relación al norte) en el plano horizontal, permitiendo fijar rumbos con respecto a dicho punto, con la ayuda de un limbo giratorio que se puede bloquear y una retícula con dos líneas paralelas.

El compás de retícula facilita respecto a los otros tipos de compás la labor del piloto, ya que éste no tiene que observar constantemente el número (o la marca de división) del rumbo deseado. Sólo tiene que preocuparse de controlar que la aguja del compás N / S esté entre las dos líneas paralelas de la retícula central. Utiliza un principio de funcionamiento similar a un piloto automático.

Antes de iniciar la navegación, el piloto selecciona el rumbo girando el limbo graduado y lo fija con una palanca lateral.

Loxodrome

En navegación, una línea de rumbo (o loxodrome) es una línea que cruza los meridianos de longitud en el mismo ángulo, es decir, un camino derivado de un rumbo inicial definido en relación al norte magnético.

Hay diferentes tecnologías de compases náuticos:

El compás magnético: se basa en la alineación de la aguja magnética con el campo magnético terrestre.

El compás giroscópico: se basa en el principio del efecto giroscópico, la orientación del eje de rotación de un rotor (libre en los tres ejes) a la dirección de la Tierra. Marca el norte geográfico, no el magnético

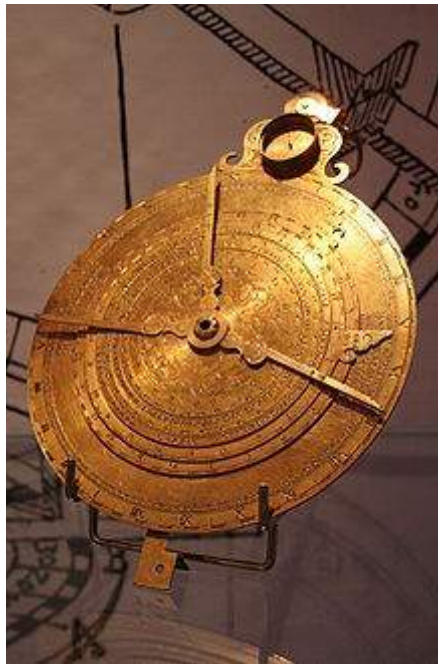
El compás electrónico: que se basa en las propiedades eléctricas de ciertos materiales sometidos a un campo magnético.

El compás de satélite: que aprovecha la diferencia en las señales recibidas por dos antenas de GPS, para calcular la orientación del segmento que une las dos antenas obteniendo así el rumbo.



Compás náutico expuesto en el museo naval de Tolón, Occitania (Francia)

7.- NOCTURLABIO. - *Dirigibles.*

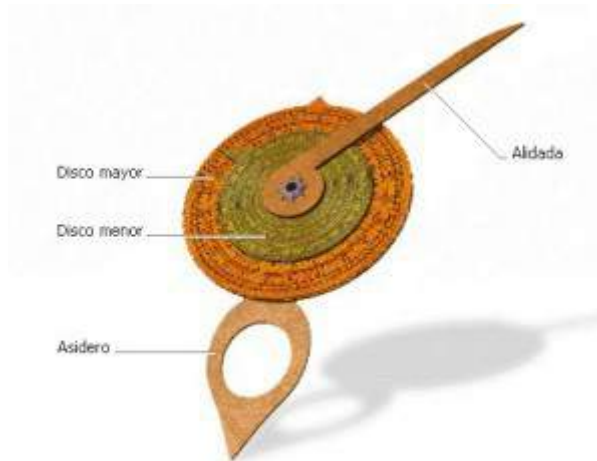


Nocturlabio hecho en Viena.

El nocturlabio sirve para determinar el tiempo horario en función de la posición de una determinada estrella en el cielo nocturno.

En navegación, conocer las horas es importante en el pilotaje para el cálculo de las mareas, y algunos nocturlabios incorporan gráficos de mareas para los puertos importantes. Fue mencionado por primera vez por *Martín Cortés de Albacar* en su *Arte de Navegar*, publicado en 1551.

Se construían normalmente de madera o latón, con un disco externo marcado con los meses del año, un disco interno marcado con las horas (o medias horas) y una o más estrellas de referencia; un puntero de rotación en el mismo eje, a través de cuyo hueco se pueda ver una estrella; dado que el instrumento se usa de noche, las marcas pueden ser exageradas. A veces, el disco interno tiene un diagrama de las constelaciones y las estrellas que se precisan, para ayudar a su localización. Como la posición de las estrellas cambia a lo largo del año, tiene diversas esferas con diferentes grabados.



Partes del Nocturlabio.

El disco interno se gira de manera que la marca de la estrella de referencia elegida apunte a la fecha actual en el disco externo, y el puntero del brazo se gira hasta apuntar a la estrella, la intersección del brazo puntero con las marcas de hora en el disco interno indica la hora. El instrumento debe ser mantenido en posición vertical.

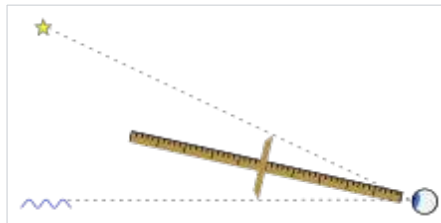
8.-BALLESTILLA - VARA DE JACOB. - *Planeadores.*

Ballestilla, Vara de Jacob, báculo de Jacob, palo de Jacob, cruz geométrica, varilla de oro.

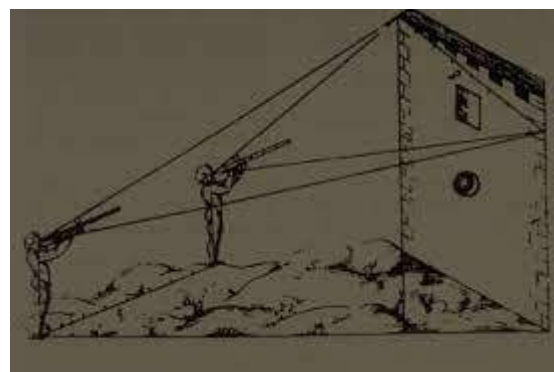
La ballestilla se utilizaba en la navegación para medir la altura del sol y otros astros o estrellas sobre el horizonte y así poder determinar la latitud a la que se encontraban.



Vara de Jacob de 1776, Musée national de la Marine, París.



Medida de la altura de una estrella con una vara de Jacob



Historia.

El origen del nombre de este método de medida no es conocido con certeza, puede provenir de su semejanza con la constelación de Orión, que aparece referida con el nombre latino de Jacob en algunas cartas estelares medievales. El nombre finalmente asignado de *cruz de Jacobo* proviene simplemente de la forma cruciforme de este instrumento.

En el siglo XIII fue concebido como un palo capaz de proporcionar medidas muy simples de altura, haciendo las veces de instrumento astronómico medieval y de instrumento de apoyo para los caminantes. Fue ideado por el matemático judío *Levi ben Gerson*, de Provenza (Francia), sin embargo, su invención y construcción final se asigna a *Jacob ben Makir*, que vivió en Provenza en el mismo período que *Gerson*.

Durante el Renacimiento, el matemático y astrónomo holandés *Metius* lo empleó para sus medidas de posición y goniométricas, y el matemático alemán *Gemma Frisius* hizo mejoras en el diseño de las escalas. Se dejó de utilizar a comienzos del siglo XVIII.

Cuando se emplea en observaciones astronómicas también se conoce como “*radius astronomicus*”.



Uso de una vara de Jacob, según un grabado de 1536.

Forma de uso para medir el ángulo de apartamiento respecto a la horizontal.

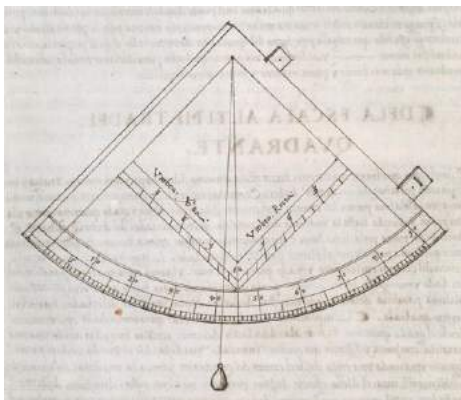
El observador coloca un extremo de la vara principal contra su mejilla, justo debajo del ojo. Alinea luego con el horizonte el extremo inferior de la barra transversal, desplazándola hasta que su extremo superior se alinea con el objeto cuya altura sobre el horizonte se quiere medir. El ángulo se obtiene de la distancia de la vara transversal a la mejilla mediante una escala calibrada.

En astronomía, la altura del Sol sobre el horizonte, consultado en tablas específicas, indica la hora.

Las mejoras introducidas en sucesivas investigaciones dieron como resultado su uso en el mar. *John Dee* lo introdujo en Inglaterra aproximadamente en el año 1550. En las versiones mejoradas, la barra transversal tiene la graduación directamente en grados sexagesimales, a esta variante se la denominó *cruz de Jacobo*.

9.- CUADRANTE. - *Yuri Gagarin*.

Se le llama así porque consiste en una placa metálica con forma de un cuarto de círculo. El arco está graduado, y en uno de sus lados hay dos mirillas para dirigirlo hacia el astro elegido. Del vértice cuelga una plomada que indica la dirección vertical. La lectura se obtiene a partir de la posición de la cuerda de la plomada sobre el arco graduado.



Cuadrante marino

El cuadrante se utilizó en la navegación para saber la ubicación, al calcular con él la latitud (midiendo la altura sobre el horizonte de la estrella polar o la del sol a mediodía) y para calcular la hora (midiendo la altura del sol).

Como cualquier instrumento graduado, el cuadrante es más preciso cuanto mayor es su tamaño, para navegar bastaban cuadrantes pequeños, que eran fáciles de sostener para un marino.

En el siglo XVI el astrónomo danés *Tycho Brahe*, se dedicó a mejorar las observaciones y mediciones astronómicas usadas en su tiempo, fabricó cuadrantes de hasta dos metros de radio que necesitaban varias personas para moverlos, pero con ellos, *Tycho* realizó las observaciones astronómicas más precisas que se habían hecho hasta entonces. De hecho, sus mediciones ayudaron a *Johannes Kepler* a descubrir que las órbitas de los planetas son elípticas.

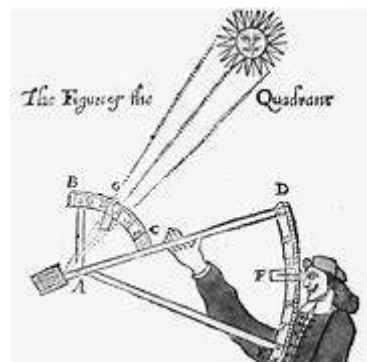
Cuadrante de Davis o Backstaff.

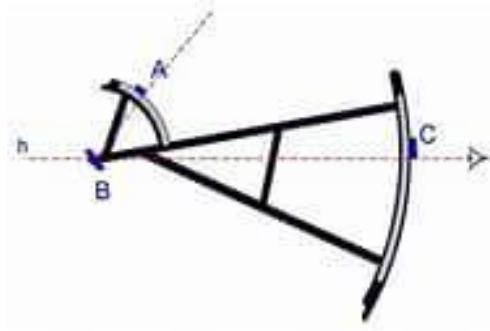
El Cuadrante de Davis o Backstaff fue inventado por el navegante inglés *John Davis* en el siglo XVI quien lo describió en su libro *Seaman's secrets* en 1594, sustituyó al astrolabio, al cuadrante y a la vara de Jacob. Se utilizaba, como todos los demás, para medir la altura en grados de una estrella o del Sol sobre el horizonte y determinar la latitud de un barco. Su fabricación continuó hasta principios del siglo XIX, siendo uno de los instrumentos más utilizados por los navegantes de la edad moderna.

Backstaff primitivo.

Constaba de un listón con dos arcos de diferente tamaño, colocados en ángulo dentro del mismo plano, el más pequeño por encima y el mayor por debajo del listón, y de dos segmentos móviles que podían deslizarse sobre los arcos.

Lo importante de su diseño fue que, para hallar la altura del Sol, no se orientaba de frente hacia el astro, sino de espaldas, de modo que la vista no se dañaba por la intensidad de la luz solar, que limitaba el uso de la vara de Jacob a los momentos en que el Sol estaba cerca del horizonte.





El navegante observa el horizonte a través de la apertura alargada de la aleta "B" (a lo largo del listón), deslizando el segmento sobre el arco "C", por lo que la sombra "A" queda alineada con la vista del horizonte, entonces la altura del Sol se puede leer sobre los dos arcos graduados (ABC), siendo igual a la suma de ambos arcos.

Backstaff Davis-Falmsted.

Falmsted propuso una versión más moderna que llevaba una lente que proyectaba la imagen del Sol junto a la ranura de visión del horizonte, haciéndolo mucho más apto para su uso en el mar. De esta manera se podían hacer las observaciones de la altura del Sol proyectado a través de la lente y del horizonte en visión directa.

Fue la primera vez que se utilizaba una lente en un instrumento para llevar la imagen del Sol hasta la imagen del horizonte, técnica que, evolucionada, se emplearía más tarde como base del octante y del sextante.



10.- SEXTANTE. - *Luna – Exoplanetas.*



El sextante permite medir la separación angular entre dos objetos, tales como dos puntos de una costa, o un astro, generalmente el Sol, y el horizonte. Conociendo la elevación del Sol y la hora del día se puede determinar la latitud a la que se encuentra el observador. Esta determinación se efectúa con bastante precisión mediante cálculos matemáticos sencillos a partir de las lecturas obtenidas con él, su nombre proviene de la escala del instrumento, que abarca un ángulo de 60 grados, o sea, un sexto de un círculo completo.

Reemplazó al astrolabio por tener mayor precisión, ha sido durante varios siglos de gran importancia en la navegación marítima, hasta que, en los últimos decenios del siglo XX, se han impuesto sistemas más modernos como la determinación de la posición mediante satélites.

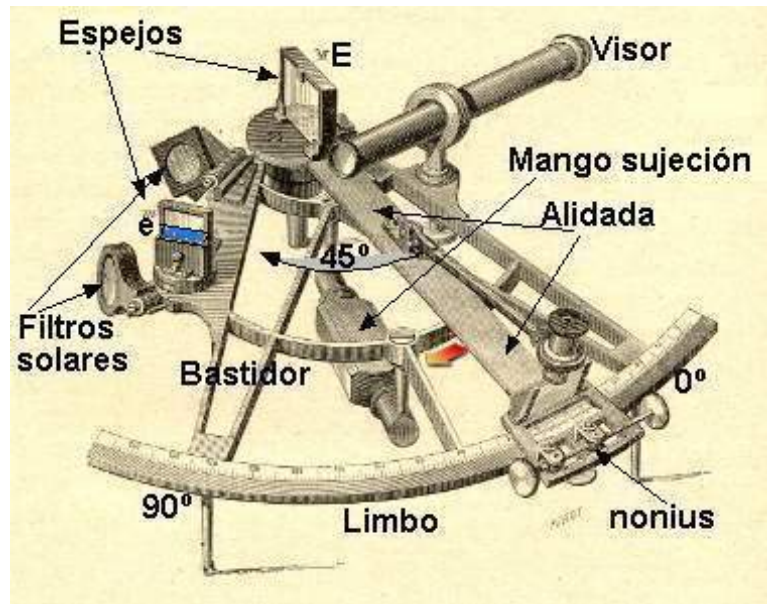
Más tarde, dos hombres desarrollaron de manera independiente el octante, cuyo arco consta de cuarenta y cinco grados (octava parte del círculo), alrededor de 1730 el matemático inglés *John Hadley* (1682-1744) y el óptico de Filadelfia *Thomas Godfrey* (1704-1749).

Forma de utilizar el sextante.

Para determinar el ángulo entre dos puntos, por ejemplo, entre el horizonte y un astro, primero es necesario asegurarse la utilización de diferentes filtros si el astro que se va a observar es el Sol (muy importante por las graves secuelas oculares que puede generar). Además, es preciso proveerse de un cronómetro muy preciso y bien ajustado al segundo, para poder determinar la hora exacta de la observación, y de ese modo anotarla para los siguientes cálculos que se van a realizar.

Para llevar a cabo estas mediciones, el sextante dispone de:

- 1.Un espejo móvil, con una aguja (alidada) que señala en la escala (limbo) el ángulo medido.
- 2.Un espejo fijo, que en su parte media permite ver a través de él.
- 3.Una mira telescópica.
- 4.Filtros de protección ocular.



Partes de un sextante.

Para medir la altura de un astro se coloca el sextante perpendicularmente y se orienta el instrumento hacia la línea del horizonte. Acto seguido se busca el astro a través de la mira telescópica, desplazando el espejo móvil hasta encontrarlo. Una vez localizado, se hace coincidir con el reflejo del

horizonte que se visualiza directamente en la mitad del espejo fijo. De ese modo se verá una imagen partida, en un lado el horizonte y en el otro el astro.

A continuación se hace oscilar levemente el sextante (con un giro de la muñeca) para hacer tangente la imagen del horizonte con la del sol y de ese modo determinar el ajuste preciso de ambos. Lo que marque el limbo será el ángulo que determina la «Altura Instrumental» u Observada de un astro a la hora exacta medida al segundo. Tras las correcciones pertinentes se determina la «Altura Verdadera» de dicho astro, dato que servirá para averiguar la situación astronómica observada.

Ventajas

Al igual que el cuadrante de Davis, el sextante permite medir los objetos celestes en relación con el horizonte, en lugar de hacerlo en relación con el instrumento. Esto permite una gran precisión. Sin embargo, a diferencia del cuadrante de Davis, el sextante permite la observación directa de las estrellas durante la noche, cuando el backstaff es difícil de usar.

Dado que la medición es con respecto al horizonte, el puntero de medición es un rayo de luz que llega hasta él. La medida se ve, pues, limitada por la precisión angular del instrumento y no por el error seno asociado a la longitud de una alidada, como en los astrolabios o en los instrumentos de época similar.

El sextante no requiere un objetivo completamente estable, ya que mide un ángulo relativo. Por ejemplo, cuando un sextante se utiliza en un barco en movimiento, la imagen del horizonte y los objetos celestes se mueven en el campo de visión. Sin embargo, la posición relativa de las dos imágenes se mantendrá estable, y siempre que el usuario pueda determinar que el objeto celeste toca el horizonte, la exactitud de la medición será buena en comparación con la magnitud del movimiento.

El sextante no requiere electricidad, a diferencia de muchas formas de navegación modernas o de cualquier otro instrumento (como los satélites GPS). Por esta razón, se considera de carácter eminentemente práctico mantener un sextante entre las herramientas de navegación en los buques.

Por más perdidos que estemos, siempre podremos estimar más o menos nuestra posición a partir de la posición geográfica del astro (obtenida en el almanaque náutico) y de la distancia cenital (calculada mediante la altura del astro medida con el sextante).

11.- INFORMACIÓN ASTRONÓMICA

Hay dos formas de medición mediante coordenadas.

Las coordenadas horizontales: que están ligadas a cada lugar de observación en particular, es decir son coordenadas locales, ya que el horizonte local y el punto sur son distintas para cada observador y además cambian rápidamente, el ángulo horario lo hace 15° por hora, por efecto de la rotación de la Tierra.

Las coordenadas ecuatoriales: que no varían, puesto que están referidas a la esfera celeste. Son una referencia independiente del punto de observación, el equinoccio vernal y el ecuador celeste están situados en el mismo punto se esté dónde se esté, las coordenadas ecuatoriales, aunque afectadas por la *precesión* (cambio de dirección en el espacio del eje de rotación) y *nutación* (pequeño movimiento de vaivén del eje de rotación) están prácticamente inmóviles, pero en medidas muy precisas hay que considerar dichos movimientos para efectuar las correcciones necesarias.

Las coordenadas ecuatoriales forman un sistema que permite ubicar un objeto en la esfera celeste respecto al ecuador celeste y al equinoccio vernal.

Estas coordenadas se denominan declinación y ascensión recta y son equivalentes a la latitud y longitud geográficas.

El Sol, merced al movimiento real de la Tierra, describe una trayectoria aparente sobre la esfera celeste denominada, al igual que el plano que la contiene, trayectoria eclíptica. A la línea perpendicular a dicho plano se le denomina eje de la eclíptica. El ecuador celeste y el plano de la eclíptica no coinciden, oblicuidad de la eclíptica es el ángulo que forma esta con el ecuador celeste. Actualmente tiene un valor de $23^\circ 26'$.

Conceptos

Eje del mundo: es la prolongación en la esfera celeste del eje de rotación de la Tierra., la intersección con la esfera celeste son los polos celestes. En torno a este eje «giraría» la esfera celeste.

Ecuador celeste: es la proyección del ecuador terrestre en la esfera celeste, como en la Tierra, divide la esfera celeste en el hemisferio norte y el hemisferio sur.

Cenit: es el punto de la esfera celeste situado justamente por encima del observador terrestre.

Nadir: es el punto de la esfera celeste situado justamente por debajo del observador, es el opuesto diametralmente al cenit.

Vertical del lugar: es la dirección de la gravedad en el lugar del observador, corta la esfera celeste en el cenit y el nadir.

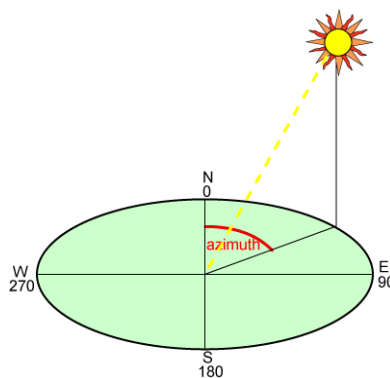
Paralelo celeste: son los círculos menores paralelos al ecuador celeste (como los paralelos terrestres).

Meridiano celeste: es el círculo máximo que pasa por los polos (como los meridianos terrestres), el meridiano que pasa por el cenit del observador se llama meridiano del lugar.

Horizonte: es el círculo máximo perpendicular a la vertical del lugar, para cada lugar, divide la esfera celeste en dos hemisferios, el visible o superior y el invisible o inferior.

Azimut astronómico: se mide desde el punto cardinal Norte o Sur hasta la vertical del objeto celeste. Dada la importancia de la dirección Sur para la observación del cielo se suele dar al Sur = 0° y Norte 180°

Al mediodía solar, el sol siempre está directamente al sur en el hemisferio norte y directamente al norte en el hemisferio sur, varía durante todo el día. En los equinoccios, el sol sale directamente desde el este y se pone directamente al oeste, independientemente de la latitud, con lo que el ángulo acimut es de 90° al amanecer y al atardecer 270° . Sin embargo, el ángulo de acimut sí varía según la época del año y la latitud.



Vamos a imaginar que la Tierra fuera el centro del universo, aunque sepamos que este modelo no es realista, durante muchos siglos se creyó así y ahora nos puede servir para comprender cómo los cálculos astronómicos pueden ayudar en la navegación.

Imaginemos que alrededor de la Tierra se encontrase otra esfera mayor, centrada en el mismo punto, donde los astros estuvieran fijos. A esta otra esfera imaginaria se la llama esfera celeste.

Para calcular nuestra posición en la Tierra usamos un sistema de coordenadas que consiste en dos ángulos: latitud y longitud.

De igual modo en la esfera celeste cada objeto del cielo queda localizado por dos coordenadas.

La medida equivalente a la latitud de un astro en la esfera celeste se llama declinación (Dec), y es la distancia en dirección norte-sur a partir del ecuador celeste. Se mide en grados sexagesimales, desde 0° (al ecuador) hasta $+90^\circ$ (al Polo Norte) o -90° (al Polo Sur). Un astro que está en el cenit, tiene una declinación igual a la latitud del observador.

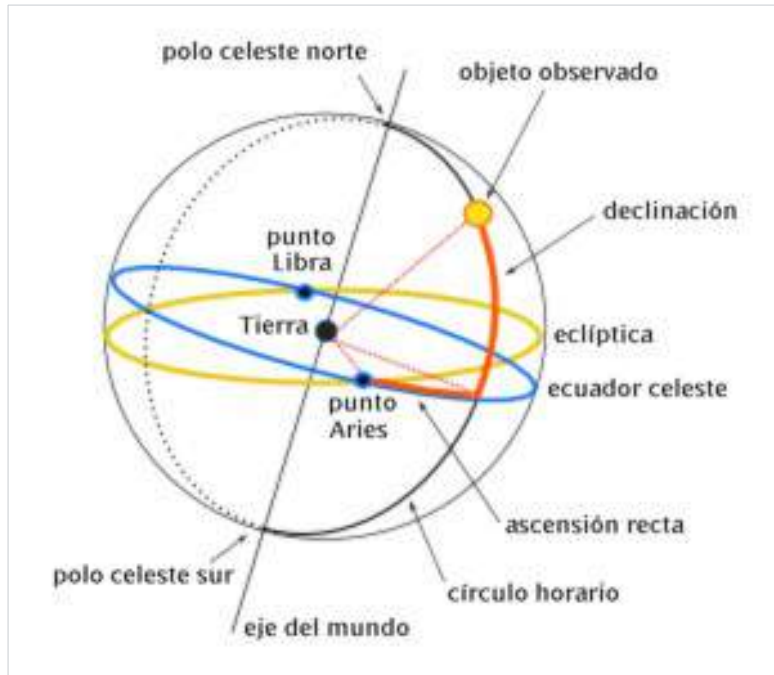
$$L = \text{latitud en un punto} = 90^\circ - H + d$$

H = altura del sol sobre el horizonte al mediodía

d = declinación (se obtiene de tablas)

A la medida correspondiente a la longitud de un astro en la esfera celeste se la denomina ascensión recta (AR). Así como en la terrestre se usa un meridiano arbitrario (Greenwich), en esta se usa el llamado punto vernal (también llamado primer punto de Aries). Es el ángulo, medido sobre el ecuador celeste, abarcado entre el Punto Aries y el círculo horario o meridiano que pasa por el objeto observado. Su sentido positivo es el directo o antihorario, el mismo de la rotación terrestre vista desde el polo norte. Sus unidades son las angulares, expresadas en horas, de manera que 24 horas se corresponden a 360° . Es decir que 1 hora equivalen a 15° , o bien 1° equivale a 4 minutos horarios.

Estas coordenadas son universales, pues no dependen ni del lugar ni del instante de la observación. Así, por ejemplo, las coordenadas de la galaxia de Andrómeda (M31) son AR: 0h 42m 44s y Dec: $+41^\circ 16'$, tanto en España como en Nueva Zelanda.



Las coordenadas ecuatoriales se destacan en rojo; la eclíptica en amarillo; el desplazamiento aparente del Sol —no representado— se mueve imaginariamente por la eclíptica en sentido contrario a las agujas del reloj y en color azul está el primer punto de Aries por donde se pasa al norte del ecuador celeste que se considera como la primavera del hemisferio norte. Cuando después de seis meses el punto llega al Punto Libra sucede lo contrario; es decir, llega el otoño al hemisferio norte. Para el hemisferio sur, el proceso es a la inversa.

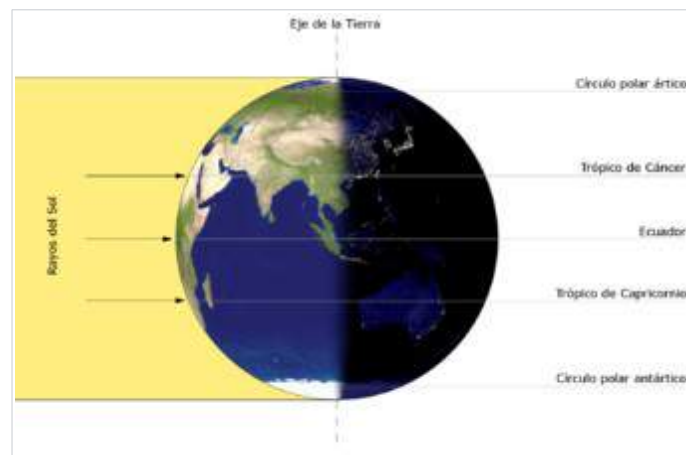
Hace 2000 años, cuando se dieron nombre a las constelaciones por las que pasaba el Sol a lo largo del año (constelaciones del Zodiaco), Aries era la constelación del cielo por donde pasaba el Sol el 21 de marzo (equinoccio de primavera); pero como consecuencia de la precesión de los equinoccios, hoy día hay un desfase de unos 30° , por lo que el Sol ya no pasa por Aries sino por Piscis el 21 de marzo. De la misma manera, Libra era la constelación por la que pasaba el Sol en el equinoccio de otoño, pero hoy día es Virgo. A pesar de este desfase, se han conservado los nombres por costumbre.

Los equinoccios (del latín *aequinoctium* (*aequusnocte*), "noche igual") son los momentos del año en los que el Sol está situado en el plano del ecuador celeste. Ese día y para un observador en el ecuador terrestre, el Sol alcanza el cenit (el punto más alto en el cielo con relación al observador, se encuentra justo sobre su cabeza) a 90° . El paralelo de declinación del Sol y el ecuador celeste entonces coinciden.

Ocurre dos veces por año: entre el 19 y el 21 de marzo y entre el 21 y el 24 de septiembre.

Como su nombre indica, en las fechas en que se producen los equinoccios, el día tiene una duración aproximadamente igual a la de la noche en todo el planeta.

Los equinoccios se usan para fijar el inicio de la primavera y del otoño en cada hemisferio terrestre.



Iluminación de la Tierra por el Sol el día del equinoccio

El equinoccio como cambio de estación.

Los equinoccios son el instante (o la fecha, en un sentido más general) en que suceden determinados cambios estacionales, opuestos para el hemisferio norte y el hemisferio sur.

Equinoccio de marzo.

El día 20 de marzo (aproximadamente):

En el Polo Norte, comienza un día que tendrá 6 meses de duración.

En el hemisferio norte, comienza la primavera, a la cual se le llama equinoccio primaveral o vernal.

En el hemisferio sur, comienza el otoño, al cual se le llama equinoccio otoñal.

En el Polo Sur, comienza una noche que tendrá 6 meses de duración.

Equinoccio de septiembre.

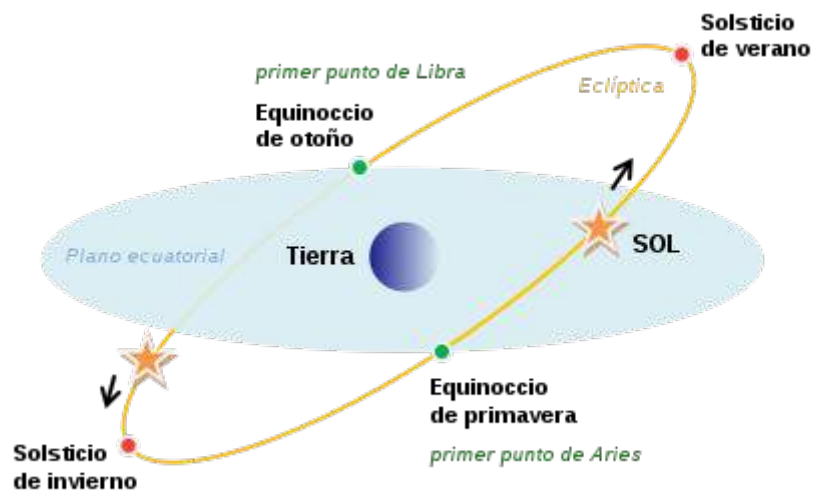
El día 22-23 de septiembre (aproximadamente):

En el polo Norte, comienza una noche que tendrá 6 meses de duración.

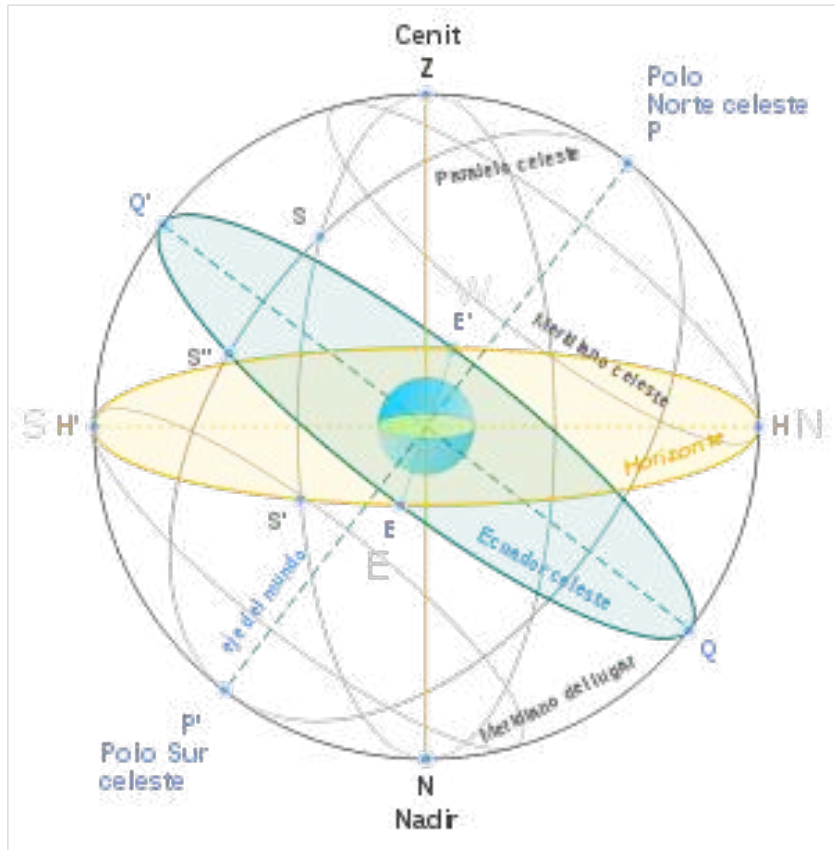
En el hemisferio norte, comienza el otoño, al cual se le llama el equinoccio otoñal.

En el hemisferio sur, comienza la primavera, a la cual se le llama el equinoccio primaveral.

En el polo Sur, comienza un día que tendrá 6 meses de duración.

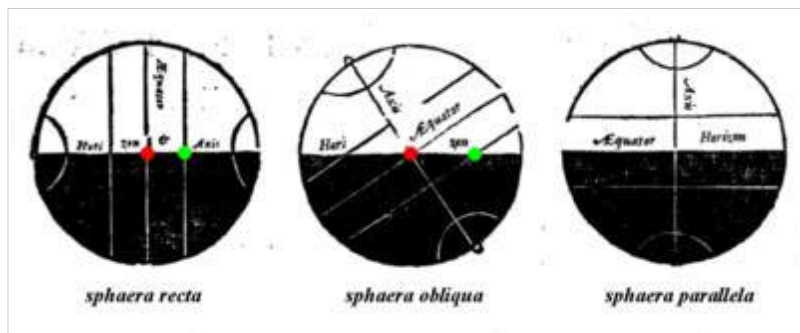


Los dos equinoccios como la intersección del ecuador celeste y la eclíptica, y los solsticios, momentos del año en los que el Sol alcanza su máxima posición meridional o boreal; son las cuatro situaciones en las que se inician las cuatro estaciones del año.



Proyección estereográfica de la esfera celeste con los elementos más importantes.

Coordenadas ecuatoriales.



La *ascensión* es el punto del ecuador celeste (rojo) que se elevaba o descendía a la misma vez que otro objeto (verde) en la esfera celeste. Visto desde el ecuador, ambos se encuentran sobre un círculo horario que va de un polo al otro (izq, *sphaera recta* o esfera recta). Desde cualquier otro sitio, no lo están (centro, *sphaera obliqua* u esfera oblicua). En los polos, los objetos no ascienden ni des-

cienden (der, *sphaera parallela* o esfera paralela). La ascensión recta de un objeto es su ascensión en una esfera recta.

El concepto de ascensión recta (A.R.) se conoce al menos desde *Hiparco*, quien midió estrellas en coordenadas ecuatoriales hace 2212 años. Pero Hiparco y sus sucesores hicieron sus catálogos de estrellas en coordenadas eclípticas, y el uso de la A.R. se limitó a casos especiales.

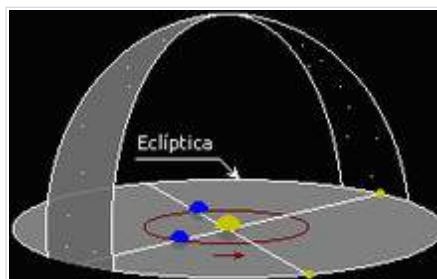
Con la invención del telescopio, los astrónomos pudieron observar los objetos celestes con mayor detalle, siempre que el telescopio pudiera mantenerse apuntado al objeto durante un período de tiempo. La forma más sencilla de hacerlo es utilizar una montura ecuatorial, que permite alinear el telescopio con el eje de la Tierra, se puede acoplar un motor de ascensión recta para seguir el movimiento aparente de la estrella. Las monturas ecuatoriales pueden apuntar con precisión a objetos con ascensión y declinación rectas conocidas.

El primer catálogo de estrellas en usar ascensión recta y declinación fue *Historia Coelestis Britannica* (1712, 1725) de *John Flamsteed*.

Eclíptica

La eclíptica es la línea curva por donde «transcurre» el Sol alrededor de la Tierra, en su «movimiento aparente» visto desde la Tierra. Está formada por la intersección del plano de la órbita terrestre con la esfera celeste. Es la línea recorrida por el Sol a lo largo de un año respecto del «fondo inmóvil» de las estrellas. Su nombre proviene del latín *ecliptica* (línea), y este del griego ἐκλειπτική (*ekleiptiké*), relativo a los eclipses.

El *plano de la eclíptica* es el plano medio de la órbita de la Tierra alrededor del Sol. Contiene a la órbita de la Tierra alrededor del Sol y, en consecuencia, también al recorrido anual aparente del Sol observado desde la Tierra. Este plano se encuentra inclinado unos $23^{\circ}27'$ con respecto al plano del ecuador terrestre.



La oblicuidad de la eclíptica fue medida por el astrónomo griego *Eratóstenes* hace 2277 años, dándole un valor de $23^{\circ}51'19''$, aunque algunos historiadores sugieren que su cálculo fue de 24° , corrigiendo el dato posteriores observaciones de *Claudio Ptolomeo*.



Posición del sol y la Tierra en el solsticio de diciembre. Se observa el plano del ecuador inclinado respecto al plano de la eclíptica.

La eclíptica y el Sol.

Al transcurrir cerca de 365,25 días al año y tener 360° una circunferencia, el Sol aparenta recorrer aproximadamente casi un grado cada día a lo largo de la eclíptica. Este movimiento es de oeste a este y opuesto al movimiento de este a oeste de la esfera celeste.



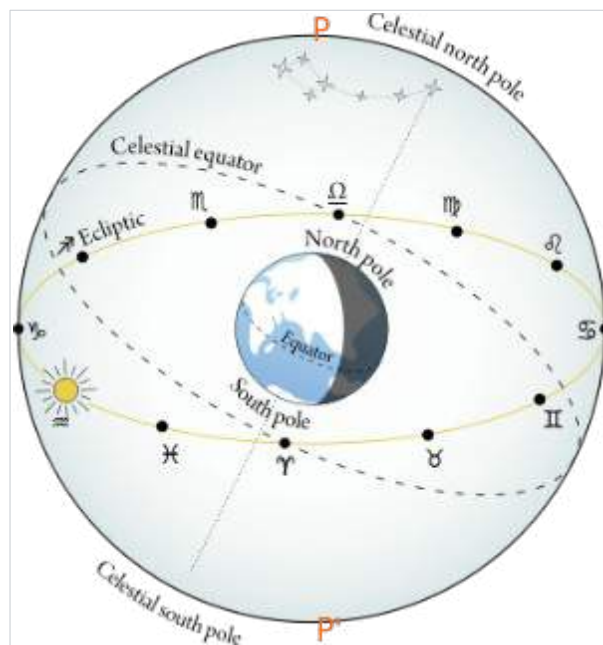
La eclíptica y la Luna.

En la foto, tomada en 1994 por la sonda lunar *Clementine*, se aprecia en primer plano la Luna iluminada por el reflejo de la Tierra, el Sol asomando por detrás y a su izquierda, prácticamente alineados Saturno, Marte y Mercurio.

La órbita de la Luna está inclinada aproximadamente 5° respecto de la eclíptica. Si durante la luna nueva o luna llena, esta cruza la eclíptica, se produce un eclipse, de sol o de luna respectivamente.

La eclíptica y los planetas.

Las órbitas de la mayor parte de los planetas del sistema solar están contenidas en la eclíptica o muy próximas a ella (excepto Plutón considerado planeta anteriormente), ya que nuestro sistema solar se formó a partir de un gigantesco disco de materia, de modo que, tal como muestra la fotografía, en el cielo se aprecia que su desplazamiento ocurre próximo a la eclíptica por la que aparenta moverse el sol.



La eclíptica y las constelaciones.

Posición de las constelaciones del zodiaco representado en la bóveda celeste.

En cualquier época del año se nos muestran durante la noche las estrellas situadas en el lado opuesto al Sol, ya que cuando la Tierra gira y se hace de día, por efecto de la luz solar, las estrellas situadas en su misma dirección permanecen ocultas a nuestra vista. Las constelaciones, a medida que la Tierra orbita alrededor del Sol, van desplazándose en el cielo nocturno a lo largo del año, desapareciendo de nuestra vista y volviendo a aparecer en la misma posición justo un año después.

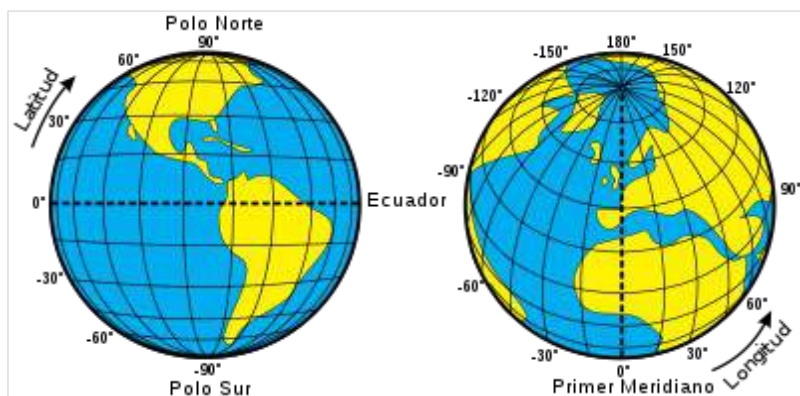
Tal cosa sucede, sin embargo, en las cercanías de la eclíptica, ya que a medida que alejamos nuestra mirada de dicho plano, sea al sur o al norte (según el hemisferio en el que nos encontremos), el movimiento de las estrellas con el paso de los días y meses es cada vez menor, llegando a permanecer virtualmente inmóviles a lo largo del año en las proximidades de los polos celestes como lo está la Osa Menor visible en el hemisferio norte, referencia que ha permitido a los navegantes durante siglos alejarse de las peligrosas costas durante la noche manteniendo el rumbo hacia puerto seguro.

Por convención, la eclíptica está dividida en 12 zonas, en las que están situadas las 12 constelaciones que constituyen el zodiaco, de forma que cada mes el Sol recorre una de las constelaciones que corresponden a los signos del zodiaco, precisamente aquel que no vemos durante la noche.

En realidad, el sol atraviesa 13 constelaciones reales, las doce zodiacales más conocidas y Ofiuco, que es una constelación que el Sol recorre entre el 29 de noviembre y el 17 de diciembre; por lo que debería agregarse un signo al zodiaco. Esto confunde los principios de la astrología con la astronomía. Hay doce signos astrológicos por la necesidad de armonía matemática que da dividir el espectro del cielo en doce zonas, y no por la presencia de las constelaciones. El agrupamiento de estrellas que designamos como Piscis, por ejemplo, no se corresponde con el signo astrológico que lleva el mismo nombre. Por lo que podemos dibujar nuevas constelaciones en el plano de la eclíptica, pero siempre serán doce signos.

Coordenadas geográficas.

Las coordenadas geográficas son un sistema de referencia que permite que cada ubicación en la Tierra sea especificada por un conjunto de números, letras o símbolos. Las coordenadas se eligen de manera que dos de las referencias representen una posición horizontal y una tercera que represente la altitud. Las coordenadas de posición horizontal utilizadas son la latitud y longitud, un sistema de coordenadas angulares esféricas o esferoides cuyo centro es el centro de la Tierra y suelen expresarse en grados sexagesimales.



Proyecciones ortográficas de la Tierra con las líneas de paralelos y meridianos. Izquierda, proyección ecuatorial. Muestra los paralelos como líneas rectas y algunos valores de latitud. Derecha, proyección oblicua. Muestra el meridiano cero como línea vertical y algunos valores de la longitud.

Posición absoluta: se determina a través de las coordenadas geográficas (latitud y longitud).

Posición relativa: permite localizar distintos espacios territoriales a partir de tomar otro espacio territorial como referencia.

Latitud

La latitud (abreviatura: Lat., ϕ , o phi) de un punto en la superficie de la Tierra es el ángulo entre el plano ecuatorial y la línea que pasa por ese punto hasta el centro de la Tierra. Todos los puntos con la misma latitud forman un plano paralelo al plano del ecuador. El ecuador es el paralelo 0° y divide el globo en hemisferios norte y sur; así el polo norte es 90° N y el polo sur es 90° S.

Dada la distancia que nos separa del Sol, los rayos luminosos que llegan hasta nosotros son prácticamente paralelos. La inclinación con que estos rayos inciden sobre la superficie de la Tierra varía según la latitud. En la zona intertropical, a mediodía, caen casi verticales, mientras que inciden tanto más inclinados cuanto más se asciende en latitud, es decir cuanto más nos acercamos a los Polos. Así se explica el contraste entre las regiones polares, muy frías y las tropicales, muy cálidas.

Longitud

La longitud (abreviatura: Long., λ , o lambda) de un punto en la superficie de la Tierra es el ángulo entre el meridiano de referencia y el meridiano que pasa por este punto. El meridiano de referencia mayormente aceptado es el meridiano que pasa por el Real Observatorio de Greenwich, situado al

sureste de Londres, Inglaterra. Este primer meridiano determina los hemisferios este y oeste. La longitud generalmente se expresa en grados (marcados con °) que van desde 0 ° en el meridiano de Greenwich hasta 180 ° al este y al oeste. Las líneas de longitud forman semicírculos máximos que pasan por los polos. Los meridianos, junto con sus correspondientes antimeridianos, forman circunferencias de 40 007,161 km de longitud. La distancia en km a la que equivale un grado de longitud depende de la latitud, a medida que la latitud aumenta, hacia Norte o Sur, disminuyen los kilómetros por grado. Para el paralelo del Ecuador, sabiendo que la circunferencia que corresponde al Ecuador mide 40 075,017 km, 1° equivale a 111,319 km (resultado de dividir el perímetro del ecuador entre los 360° de longitud).

La determinación exacta de la longitud fue un problema para la navegación por el peligro que entrañaba desconocerla si se perdía el rumbo a causa de tormentas, corrientes marinas, etc., pues para su cálculo se necesita el uso de relojes muy precisos y cronómetros de los que todavía no disponían. Un método, aunque poco usado por su complejidad, era utilizar un sextante para tomar una distancia lunar con respecto a otro objeto celeste, Galileo propuso hacerlo con las orbitas de los cuatro satélites más brillantes de Júpiter que, con un almanaque náutico, puede usarse para calcular el tiempo en longitud cero (Greenwich), pero llevaba mucho tiempo, varias mediciones, muchos cálculos y un pequeño error significaba grandes errores en el mar. Los cronómetros marinos confiables no estuvieron disponibles hasta finales del siglo XVIII y no fueron asequibles hasta el siglo XIX.

La milla náutica, equivalente a 1852 m, es una medida de convención que se estableció para simplificar las conversiones entre ángulos y distancias. Una milla náutica corresponde a un arco de un minuto de grado sobre la superficie terrestre. Así resulta muy sencillo convertir ángulos en millas y viceversa. Los ángulos y las distancias son, por lo tanto, equivalentes.

Una excepción son los minutos de longitud, que equivalen a una milla sólo en las proximidades del Ecuador terrestre. Como la Tierra realiza un giro de 360° cada 24 horas, cada hora se corresponde con 15° de longitud.

El movimiento de los astros

Las estrellas tienen posiciones casi fijas en la esfera celeste, el Sol, la Luna y los planetas se mueven a lo largo del año, pero este movimiento es lento comparado con el movimiento debido a la rotación de la Tierra.

El eje de rotación de la esfera celeste pasa por sus polos, los ecuadores de la Tierra y de la esfera celeste están, por tanto, en el mismo plano. Los astros, fijos en la esfera celeste, giran en torno a la Tierra. Los polos celestes, como están en el eje de rotación, se quedan quietos en el cielo.

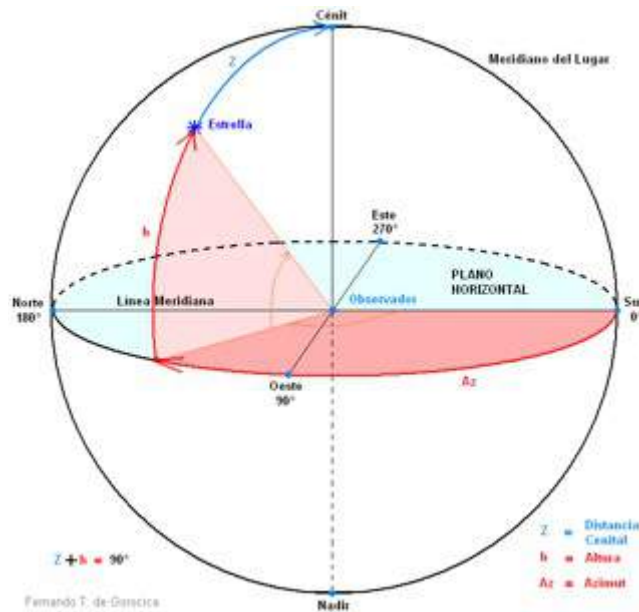
Así, un astro situado cerca de un polo de la esfera celeste parece estático si lo vemos desde la Tierra. Es el caso de la Estrella Polar, que se encuentra en las proximidades del polo norte celeste (su declinación es de $89^{\circ}05'N$). Siempre está en dirección norte. Es fácil, por lo tanto, determinar el norte por la Estrella Polar, pero no puede verse desde el hemisferio sur y no existe ninguna estrella tan convenientemente posicionada en el Polo Sur celeste.

Coordenadas horizontales

Se utilizan para determinar nuestra posición por las estrellas y son un sistema de coordenadas celestes que tienen en cuenta el horizonte del observador y su vertical.

Con este sistema la posición de una estrella se calcula por su altura, que es la distancia angular desde el horizonte hasta la estrella y por su acimut, ángulo de la estrella respecto a una dirección que se toma como origen, normalmente el sur por su importancia en astronomía, o en la navegación el norte, medida sobre el horizonte y en sentido horario.

Estas coordenadas son locales, pues dependen de la situación del observador.



Otro punto importante es el cenit, que es el punto de la esfera celeste situado en la vertical, sobre la posición del navegante. La recta que une el cenit al centro de la Tierra toca la superficie terrestre en la posición del navegante, que es la posición que pretendemos determinar.

Este ángulo tan importante para la navegación se llama altura (H) del astro, se toma con el sextante en la vertical, y se mide el ángulo entre el horizonte y el astro. La distancia cenital es igual a 90° menos la altura del astro.

Esta distancia puede expresarse tanto en millas como en grados, ya que representa un arco sobre la superficie esférica de la Tierra.

Altitud

Es la distancia vertical entre un punto cualquiera de la Tierra y el nivel del mar medido en metros (m. s. n. m.- metros sobre el nivel del mar), que en España se considera en Alicante. La indicación de la altitud exige la elección de un modelo de esferoide que represente la Tierra y estos modelos producen diferentes valores para la altitud, se resuelve utilizando un dato que represente la altitud en los diferentes modelos usados.

12.- CONCLUSIONES

Los primeros navegantes no eran ni tan locos, ni tan aventureros.

Con este trabajo se pretende hacer un recorrido por los diferentes sistemas empleados en la navegación por orden cronológico, aunque muchos instrumentos se utilizaron simultáneamente en el tiempo.

En principio ninguno se ideó para su uso práctico en la navegación, sino que se adaptaron después a ella, fueron inventados para resolver problemas astronómicos, geográficos o matemáticos.

Para mí ha sido un viaje muy interesante, hace tiempo que tenía curiosidad por el tema de la orientación en general y como se las apañaban sin brújula, no digamos ya sin GPS, por la noche y en el mar, sin horizonte ni puntos de referencia.

Gracias al trabajo he podido conocer cosas que no sabía y aclarar otras muchas.

No deja de ser asombroso los sitios a que te puede llevar el intentar profundizar en un tema, y que al empezar ni te imaginabas.

No estaban tan locos, los primeros en adentrarse en el mar, pues es lógico suponer que empezarían poco a poco por sitios cercanos y los irían documentando en cartas con los datos del lugar, como islas, arrecifes, fondos marinos, calas, posibles puertos, etc., que les pudieran servir en viajes posteriores más largos, creando así rutas en las que no iban tan a ciegas.

No eran tan aventureros, en el sentido romántico, pues sus motivaciones estarían lejos de ser altruistas, de difundir conocimientos, o culturales, eso era una consecuencia colateral. Mas bien, los movería el interés económico comercial, y el saqueo y dominación de otros pueblos.

Las catástrofes que podían sufrir no eran debidas tanto a la ignorancia o la falta de tecnología, como a las condiciones del medio, meteorología, tempestades, etc.

Aunque no tuvieron medios hasta hace relativamente poco tiempo para conocer su ubicación en longitud, si disponían de cartas muy detalladas para cada paralelo (latitud), así, se situaban en una latitud e intentaban seguirla en lo posible, o navegaban en diagonal cruzando paralelos.

13.- BIBLIOGRAFÍA.

Menéndez Pidal, Gonzalo (2003). *Hacia una nueva imagen del mundo* (1 edición). Real Academia de la Historia. p. 234. ISBN 84-259-1245-8.

Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española. «astrolabio». *Diccionario de la lengua española* (23.^a edición). Consultado el 25 de febrero de 2019.

Ridpat.Ian (1999). *Diccionario de astronomía*. Editorial Complutense. p. 60. ISBN 9788489784703. Consultado el 21 de junio de 2016.

<https://web.archive.org/web/20111215090942/http://www.scribd.com/doc/24820232/Islamic-Science-An-Instrument-of-Mass-Calculation-Nastulus-Baghdad-900-CA> David A. King. *Islamic Science An Instrument of Mass Calculation made by Nastulus en Bagdad ca. 900* (en inglés). Consultado el 13-03-2010.

Référence électronique

Maravillas Aguiar Aguilar, «Los primeros instrumentos de navegación que viajaron a América», *Mélanges de la Casa de Velázquez* [En ligne], 49-1 | 2019, mis en ligne le 05 septembre 2019, consulté le 23 février 2022. URL: <http://journals.openedition.org/mcv/9915> ; DOI: <https://doi.org/10.4000/mcv.9915>

Maravillas Aguiar Aguilar. Instituto Universitario de Estudios Medievales y Renacentistas (IEM-YR), Universidad de La Laguna

Casas Torres, José Manuel y Antonio Higuera Arnal. *Compendio de Geografía General*, página 9. Ediciones RIALP Madrid (1977) ISBN 84-321-0249-0

http://thenonist.com/index.php/thenonist/permalink/stick_charts/ Consultado el 05/03/2022

<https://www.kaspersky.es/blog/navigation-at-sea/8442/> Consultado el 05/03/2022

[https://es.wikipedia.org/wiki/Octante_\(instrumento\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Octante_(instrumento)). Consultado el 07/03/2022

Corredera - Wikipedia, la enciclopedia libre. Consultado el 24/03/2022

<https://www.hisour.com/es/navigation-38716/> Consultado el 10/03/2022

http://www.rodamedia.com/navastro/libros/libro_na/libro.htm. Consultado el 10/03/2022

<https://algarabia.com/la-navegacion-antes-del-gps/> Consultado el 10/03/2022

<https://blog.terranea.es/instrumentos-navegacion/> Consultado el 11/03/2022

<https://es.wikipedia.org/wiki/Navegaci%C3%B3n>- Consultado el 11/03/2022

https://es.wikipedia.org/wiki/Navegaci%C3%B3n_mar%C3%ADtima. Consultado el 12/03/2022

Compás (náutica) - Wikipedia, la enciclopedia libre. Consultado el 24/03/2022

https://es.wikipedia.org/wiki/Coordenadas_geogr%C3%A1ficas. Consultado el 03/03/2022

Vara de Jacob - Wikipedia, la enciclopedia libre. Consultado el 14/03/2022

<http://www.diariodelorient.es/2020/05/24/instrumentos-de-navegacion/> Consultado el 03/03/2022

<https://es.wikipedia.org/wiki/Luopan#> Consultado el 11/03/2022

<https://www.univision.com/explora/el-sextante-y-la-navegacion-astronomica> el 11/03/2022

<https://astronomiaparatodos.com/> Consultado el 06/04/2022