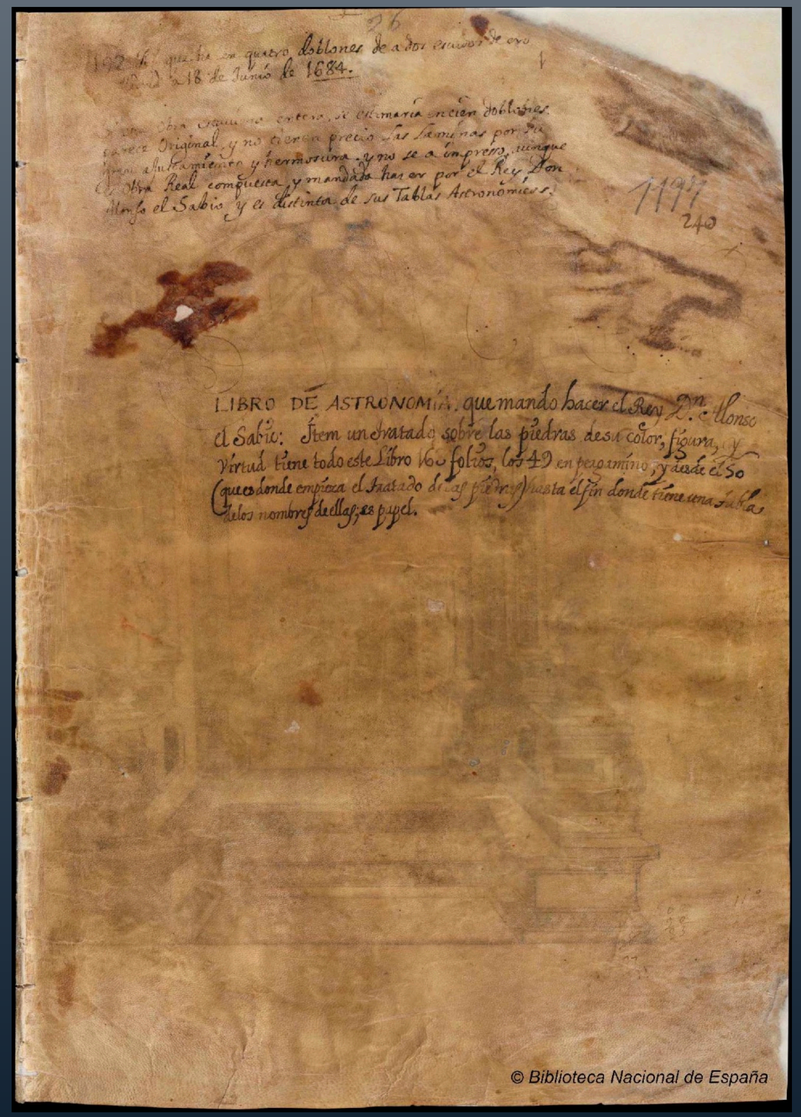
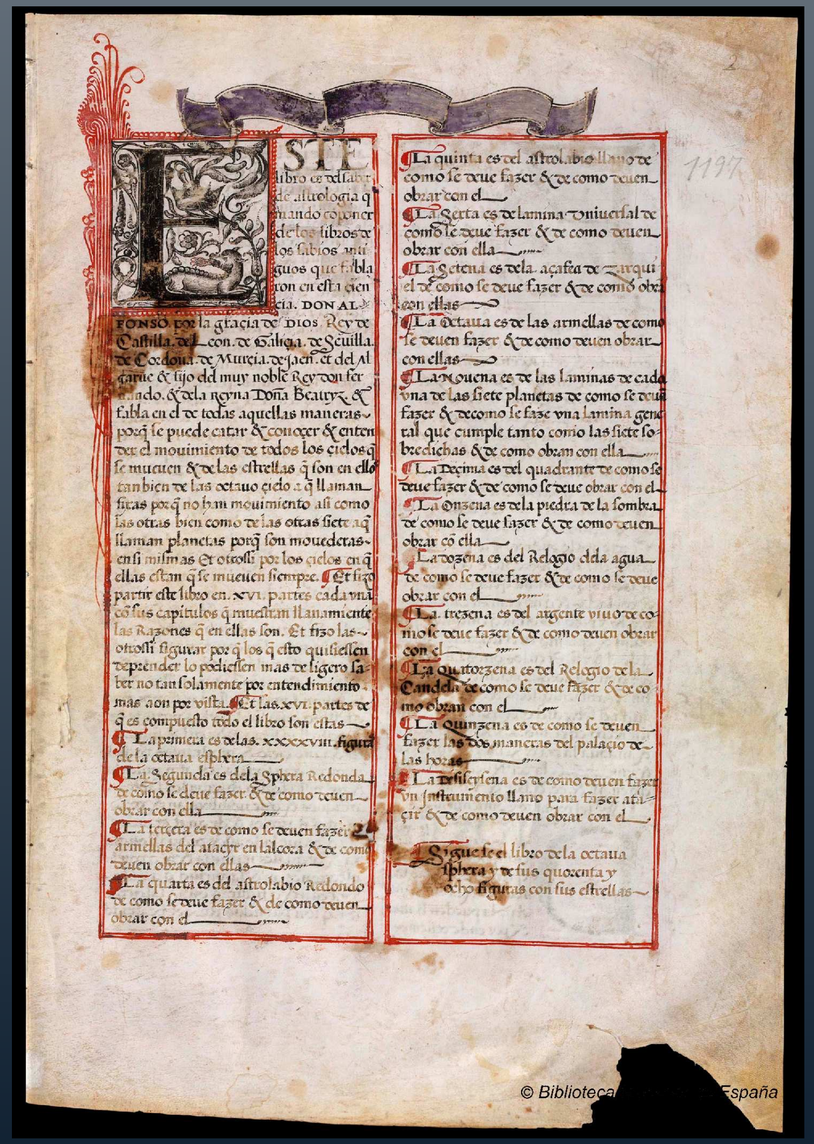




Portada y primera pagina de los "Libros del Saber de Astrología de Alfonso X de Castilla.

Muscrito de la Biblioteca Nacional de España.

Introducción al Astrolabio Planisférico

Introducción previa al estudio del

"Libro Primero del Astrolabio Llano"

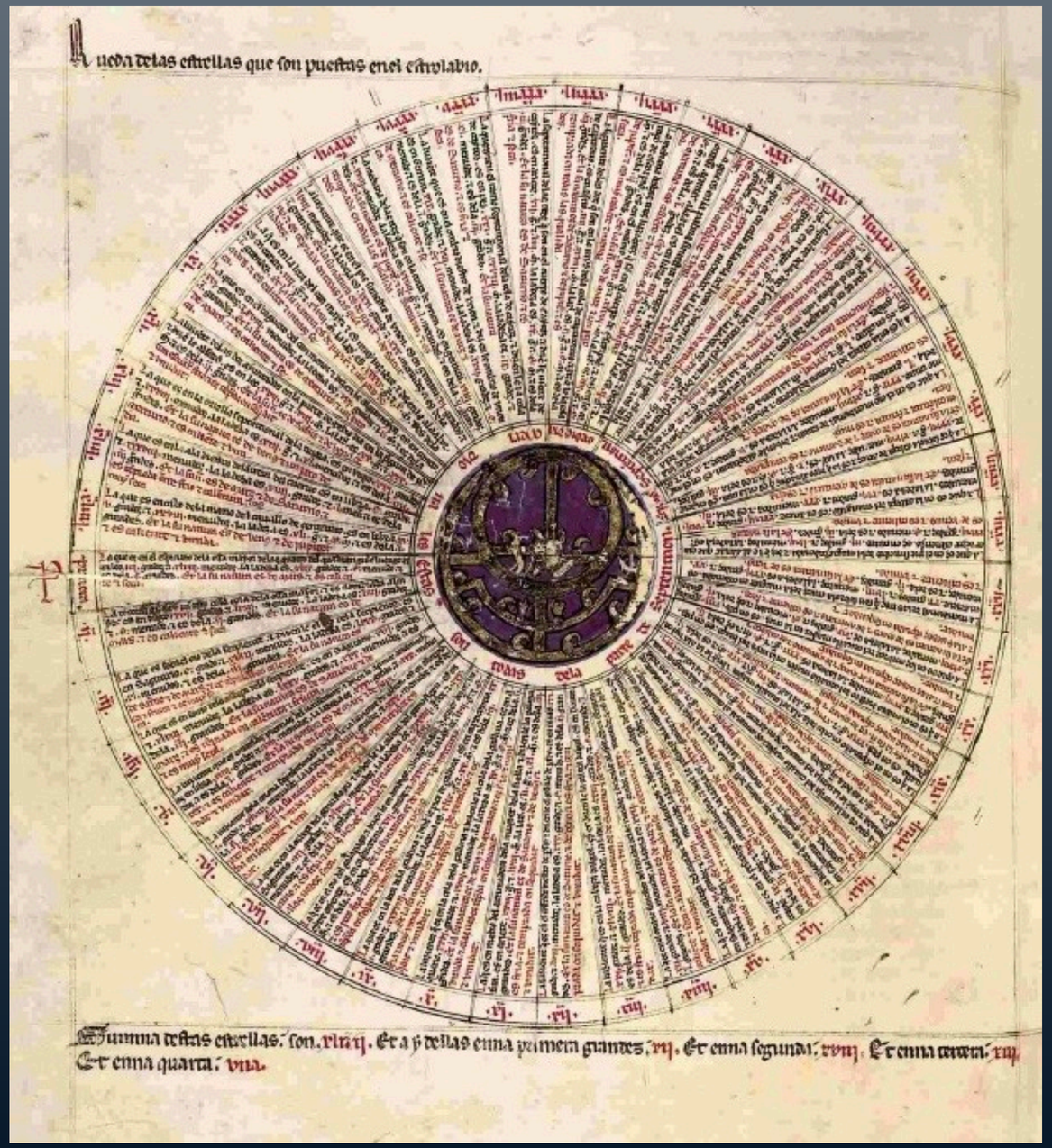
Manuscrito contenido en los

"Libros del Saber de Astrología"

Que mandó redactar el Rey Alfonso X de Castilla

Toledo 1276 a 1277

por Alfonso Pastor Moreno (Abril a Mayo 2020)



Rueda las Estrellas que son puestas en el Astrolabio

Pagina del manuscrito de los
"Libros del Saber de Astrología"
que ordenó editar en Toledo el Rey Alfonso X de Castilla. en 1276 1277.
Manuscrito de los fondos de la Universidad Complutense de Madrid..

El Astrolabio Planisférico

Descripción y partes del Astrolabio Planisferico

Alfonso Pastor Moreno Abril 2020

El Astrolabio Planisférico

Un Astrolabio es esencialmente una proyección de la Esfera Celeste sobre un plano.
Consta de partes fijas y de partes móviles, cuyo conjunto, nos permite simular el recorrido de los astros en el Cielo.

El Astrolabio es una herramienta astronómica por medio de la cual se representa el Cielo tal como se vería en un lugar determinado de la superficie de la Tierra, en un momento preciso.

El Astrolabio, permite estudiar la posición de los astros en el Cielo en una hora y en una fecha concreta, presente, pasada o futura.

El Cielo que vemos sobre nosotros no es fijo, sino que depende tres parámetros:

a). La hora de observación que influye en el ángulo que ha girado la Tierra en función de su movimiento de rotación sobre si misma

b). La fecha de la observación, que influye en la posición relativa que ocupa la Tierra con respecto al Sol en su movimiento de traslación al rededor del Sol.

c). Las coordenadas geográficas del lugar de observación que influyen en los ángulos de Azimut y Altura que forman con el Horizonte los círculos aparentes que describen los astros en su recorrido por el Cielo local.

Conocidos esos tres parametros, podemos utilizar el Astrolabio para determinar la posición de los astros en el Cielo.

El Astrolabio Planisférico también permite "Ingeniería Inversa"

Es decir, si conocemos alguno de los parámetros citados anteriormente, podemos deducir los otros:

-Si conocemos la posición del Sol o de agunas estrellas en el cielo, y la fecha, podemos determinar la hora.

-Si conocemos la hora, y la latitud local, pondremos determinar la fecha, midiendo la altura del Sol en el Cielo a mediodía.

-Si conocemos la fecha y la altura del Sol sobre sobre el Horizonte a mediodía, o la altura del Polo sobre el Horizonte durante la noche, podremos determinar la latitud del lugar en donde estamos.

-Si conocemos la fecha y la hora y orientamos el instrumento con el Sol, podremos determinar en que dirección está el Norte Geográfico.

- Si conocemos la fecha y el Astrolabio tiene trazadas las lineas de Creousculo, podremos determinar las horas de salida y puesta de Sol para esa fecha.

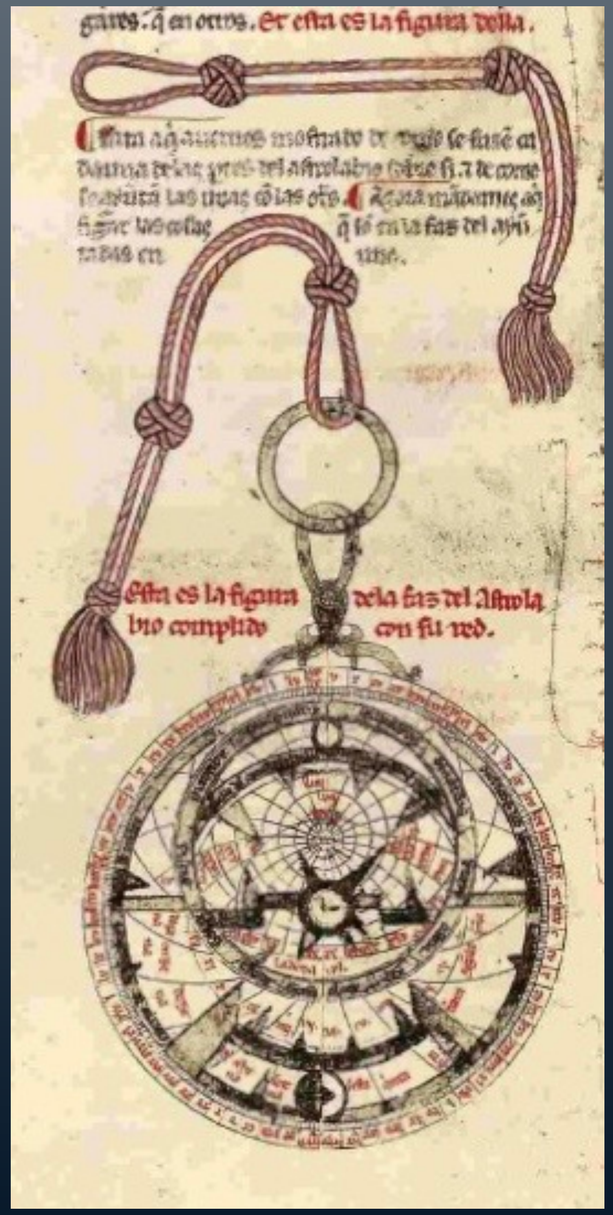
-Etc....

En realidad el cuerpo de un Astrolabio está constituido por una placa circular gruesa con dos caras planas y un asa o colgadero. En una de las caras se ha torneado una cavidad, para hacerla cóncava. A esa placa gruesa con una cara concava, se le llama la "Madre" o "Mater" del Astrolabio.

La Mater es lo que forma el cuerpo del instrumento. Consta de dos caras:

1.- Una cara cóncava, llamada Facies, que está rodeada por varios círculos graduados que constituyen el llamado Limbo.
2.- Una cara lisa, que es la parte posterior de la Facies y que es el llamado Dorso.

En la cara cóncava, se pueden alojar las diferentes Laminas o Tímpanos, dejando a la vista el que corresponde a la latitud del lugar de observación. Sobre ese Tímpano se coloca la Rete, que es una lamina calada en donde estan representados varios circulos celestes y unas cuantas estrellas.



Astrolabio terminado
Parte de una pagina del manuscrito del "Libro Primero del Astrolabio Llano" que forma parte del corpus de los "Libros del Saber de Astrologìa", que ordenó editar en Toledo el Rey Alfonso X de Castilla. en 1276 1277. Manuscrito de los fondos de la Universidad Complutense de Madrid..

Las partes del Astrolabio Planisferico:

Astrolabio Planisférico de Jean Fusorius.
Paris 1365-1436.
Diametro: 16 cm.
Material :Latón dorado al mercurio.
Es uno de los pocos astrolabios que se conservan con su caja.
Esta puede que no sea su caja original, sino que sea una hecha en epoca mas tardía.
A veces los astrolabios, se transportaban en fundas de cuero del tipo de los trabajos de talabartería, con cordobanes finamente trabajados.

Descripción de las partes del Astrolabio Planisferico:

Para la descripción de las partes de un Astrolabio Planisférico, utilizaremos un Astrolabio singular que se subastó en la Casa de Subastas Christie's de Paris en el año 2018 y que se adjudicó por un precio de remate de 223.500€

Astrolabio Planisférico Hispano-Flamenco atribuido a Petrus Ab Agere
Madrid o El Escorial hacia 1560-1580
Material :Latón dorado al mercurio.

Trono y Estribo (sueltos), Limbo graduado,
fondo de la Madre gravado con un Cuadrado Náutico,
Dorso con proyección Universal de Azarquiel.
Tres Tímpanos con proyección estereográfica,
uno con las Horas Universales y un Cuadrado de Sombras.
Araña con 15 estrellas con sus nombres.
Diametro: 106 mm. (1 1/4 in.)
Proveniencia: Coleccion Paul Mellon (1907-1999) despues, legado a su actual propietario.

CHRISTIE'S

Paris 27/11/2018 Salle 16413

LOT 505 | Art & sciences au XVIe siècle UN ASTROLABE HISPANO-FLAMAND

ASTROLABE HISPANO-FLAMAND

ATTRIBUE A PETRUS AB AGGERE, MADRID OU L'ESCURIAL, VERS 1560-1580

Price realised

EUR 223,500

Estimate

EUR 200,000 - EUR 300,000

Astrolabio Hispano-Flamenco.
Atribuido a Petrus Ab Aggere, Madrid o El Escorial. Hacia 1560-1580
La Madre en latón con el trono y el estribo (suelto), el limbo graduado,
el fondo de la Madre graduado y con un Cuadrado Náutico,
el Dorso con proyección Universal de Azarquiel.
Tres Tímpanos con proyección estereográfica,
uno con las Horas Universales y Cuadrado de Sombras.
Araña con 15 estrellas con sus nombres.
Diametro: 106 mm. (1 1/4 in.)
Proveniencia: Coleccion Paul Mellon (1907-1999) despues, legado a su actual propietario.

Diversas vistas del Astrolabio Planisférico que fue subastado en Christie's

Partes de la Mater

a).-La Facies, es la cara concava de la Mater. Está rodeada por una escala circular graduada o Limbo.

Como complemento, la Mater tiene en la parte superior el llamado Trono o Qursi, que es donde se sujeta la anilla del Asa o Colgadero. Algunos Astrolabios, sobre todo los náuticos, tienen un sistema para suspenderlos bastante elaborado. No es el caso de este.

b).- El Dorso, es la parte posterior de la Mater. Suele estar grabado con diferentes escalas para distintos usos prácticos del instrumento.

En la mayoría de los dorsos de los Astrolabios suele estar trazado el llamado "Cuadrado de las Sombras"

En otros, esta tambien grabado el Cuadrante de los Senos y los Cosenos.

Este Astrolabio es de una época tárdia y es un modelo bastante evolucionado, por lo que en el Dorso tiene grabada una lamina universal del tipo de la de Azarquiel, lo cual permite utilizarlo en cualquier latitud.

En el Dorso, de los Astrolabios, se suele situar, la Alidada, que es una regla con dos pinulas con las que se puede trazar una visual a un objeto. tanto celeste como terrestre, lo cual permite la medicion de angulos. Esta regla, puede ser lisa o estar graduada y dependiendo de las escalas que contenga el Dorso del Astrolabio, puede llevar un tipo u otro de graduación, o ninguna.

En este Astrolabio, se ha colocado una regla recta que tiene la misma longitud que el diámetro del Astrolabio, y se ve a las claras, que no es la regla original, sino que está hecha para substituir a la original que debió perderse en algun momento, Esto se evidencia porque su llamada "linea fiduciaría" (linea que pasa por el centro), no pasa por el centro.
En las laminas universales tanto las de Rojas como en este caso la de Azarquiel, las reglas, suelen tener una escala del Zodiaco grabadas y van acompañadas de un pequeño brazo articulado llamado "braquiolus", que aquí falta.

La Araña o Rete

c) La "Araña" o "Rete". que es la proyección de la Esfera Celeste sobre el Plano del Ecuador.

Lleva indicadas unas cuantas estrellas en la punta de unos ganchitos.

Contiene tambien las proyecciones de de la Ecliptica, del Ecuador y la del Trópico de Capricornio. No suele llevar la proyección del Circulo del Trópico de Cancer.

La Araña es "Universal", porque es la misma para todas las latitudes. Se coloca encima del Tímpano en uso, de manera que pueda girar libremente dentro del limbo para permitir su adecuado posicionamiento.

El Ostensor

-d) El Ostensor. Es una reglilla que puede girar libremente sobre la Araña y está graduada en grados de Declinación, que va desde 90° Norte (en el centro de giro), hasta -23,5° (En el extremo).

El Ostensor nos permite situar un astro por sus coordenadas Ecuatoriales, ya que el limbo del Astrolabio puede ir graduado en Ascension Recta o en su equivalente: el Angulo Horario.

La Alidada

e) La Alidada. Es una regla que puede girar centrada en el centro del Dorso del Astrolabio y que esta provista de dos pinulas que permiten el trazado de una visual alineando la mirada a traves de sus dos orificios.

A veces la Alidada, se substituye por una regla sin pinulas y se gradúa con una escala acorde con las escalas del Dorso del Astrolabio y puede llevar un tipo u otro de graduación, o puede incluso no llevar ninguna.

Las Laminas o Timpanos

–f). Los "Tímpanos", que NO son "universales", si no que son específicas para cada latitud. Presentan cada uno la proyección del Horizonte local sobre el Plano del Ecuador, ademas de los círculos de altura y azimut, así como las proyecciones del Polo y del Zenith.

El diseño de cada Tímpano depende de la altura sobre el Horizonte del polo celeste del lugar en donde se vaya a utilizar. En general, los astrolabios planisféricos se construían con varios "tímpanos" que se guardaban dentro de la "mater", quedando visible únicamente el adecuado para la latitud del lugar de observación. En ellos se representa:

-1) El Horizonte Local con sus cuatro Puntos Cardinales.

-2) La Linea Meridiana o la proyección del Meridiano Local.

-3) El Polo Celeste.

-4) El Zenit Local.

-5) La proyección de los Círculos de Altura o Almicantarats y de los Círculos de Azimut.

Sin embargo, en este Astrolabio que mostramos aquí, uno de los Tímpanos es totalmente universal ya que ademas de tener grabado el Cuadrado de las Sombras, tiene gravada la lá lamina universal de Baso, que tiene trazados los horizontes para todas las Latitudes.

¡Entre la Lamina Universal de Azarquiel del Dorso y la Lamina Universal de Ibn_Baso del Tímpano, decididamente este Astrolabio tenía vocación Universal!

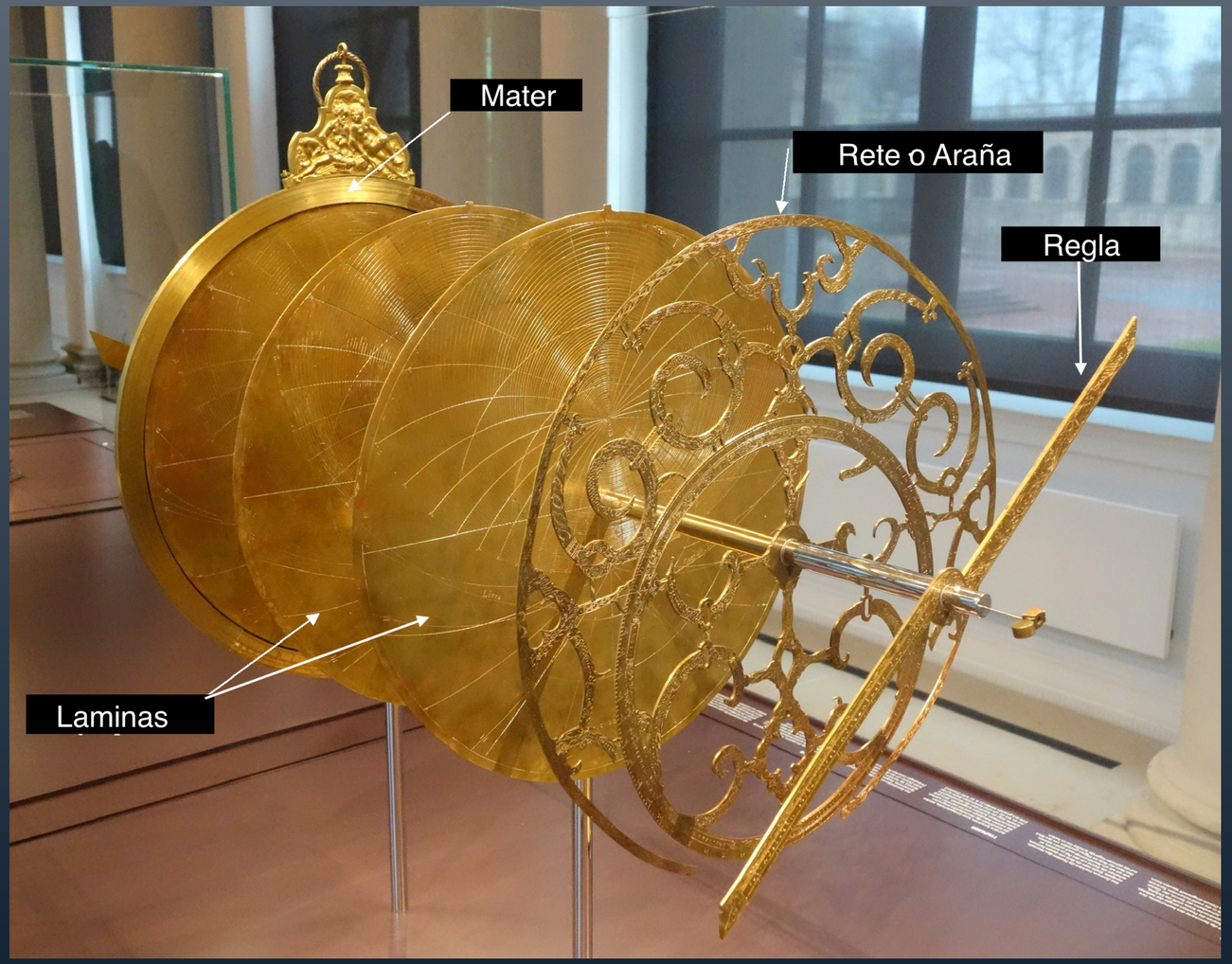
El conjunto de las piezas del Astrolabio

Aqui vemos todo el conjunto de Tímpanos que se colocan dentro de la parte concava de la Mater, y sobre ellos se coloca la Rete. Tambien vemos la Regula que va en el dorso, sin olvidar la pinula y su cabeza de sujeción, que sirve para que la Regula y la Rete puedan girar libremente alrededor del centro del Astrolabio.

Los Tímpanos deben de quedar sujetos dentro de la Mater, todo lo ajustados posible al Limbo, pero sin quedar encajados e inmóviles dentro de él, ya que se deben poder cambiar facílmente.
Para que no giren dentro de la Mater cuando se hace girar la Rete o Araña, van provistos de un pequeño diente que les sirve de sujeción

En las paginas siguientes podemos ver el despiece
de las partes del Astrolabio Planisferico:

Despiece del Astrolabio Planisférico.



La Mater

Es una caja circular abierta por el lado

por donde se colocan las demás piezas del Astrolabio.

Lleva diversas escalas grabadas en su periferia que conforman el Limbo.

El Dorso es la parte posterior. Lleva distintas escalas, adaptadas a varios usos.

La Rete o Araña

Parte giratoria

Con ella se simula el recorrido de los Astros por el Cielo.

Contiene:

Polo Celeste y unas 30 Estrellas Fijas

Ecuador

Trópico de Cancer

Eclíptica y Zodiaco

Trópico de Capricornio

La Regla o Cursor y el Ostensor.

Son reglas con escalas que pueden girar desde el centro del Astrolabio.

El ostensor lleva una escala con la Declinación de los Astros

Con la Regla se puede apuntar a las graduaciones del Limbo

Las Láminas o Tímpanos

Son placas con lineas trazadas que se colocan dentro de la Mater, debajo de la Rete.

Se hacen para cada latitud.

Contienen los Círculos Locales:

El Círculo del Horizonte Local.

Los Círculos de Almicantarats.

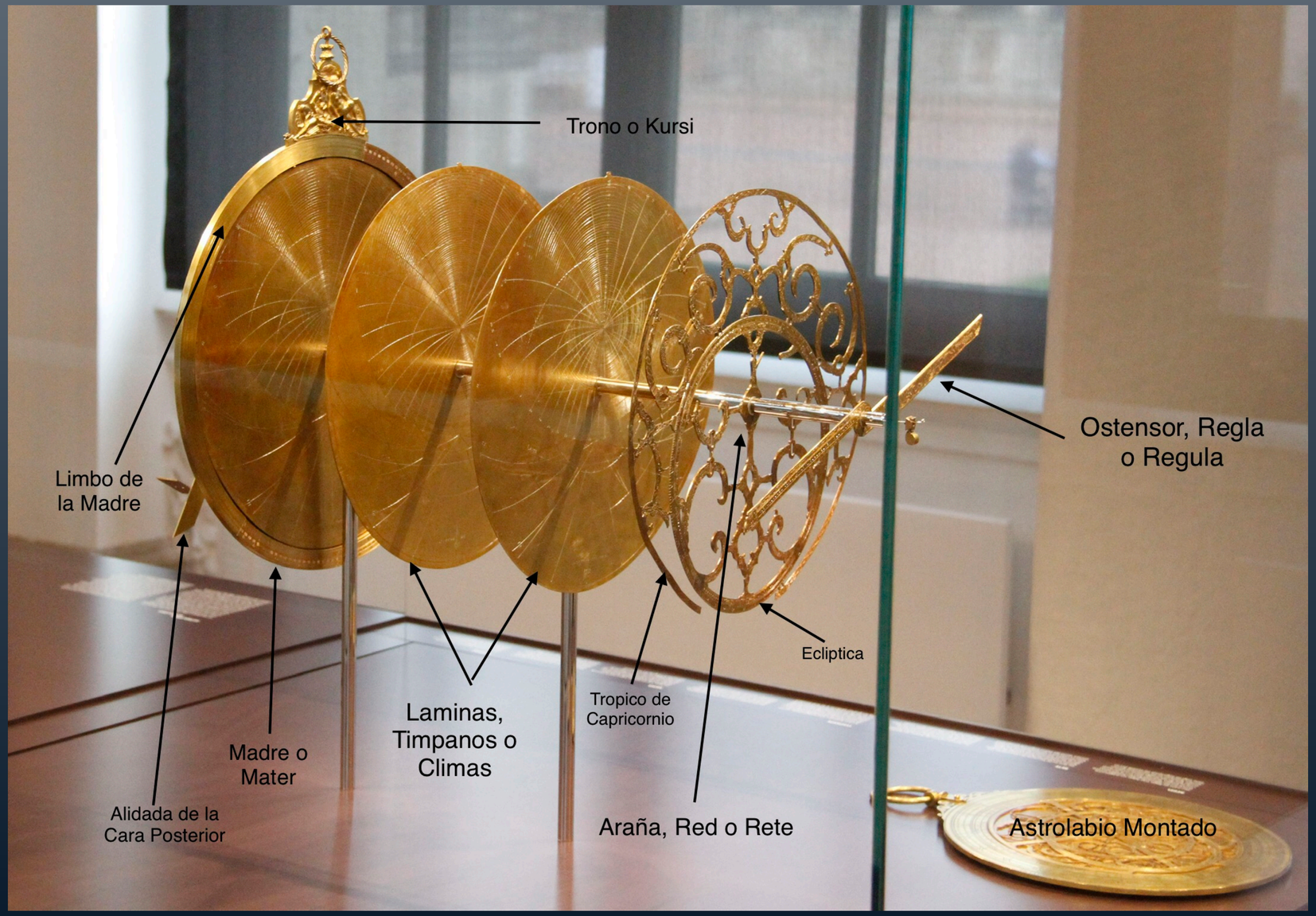
Los Círculos de Azimut.

Los Arcos de Crepúsculo.

Las Lineas Horarias.

En todas están también trazados los tres Circulas Fundamentales.

Otra vista de despiece del Astrolabio Planisférico.



El Astrolabio Planisférico montado

Astrolabio Panisferico hecho por Georg Hartmann de Nüremberg en 1537. Hoy en el Peabody Museum of Natural History de la Universidad de Yale. Credito de las imagens: Wikimedia Commons.

El Astrolabio Planisférico

La Boveda y la Esfera Celestes

La Bóveda y la Esfera Celestes

Hemos dicho que un Astrolabio es esencialmente una proyección del Cielo sobre un plano.

Para los antiguos observadores del Cielo, los cuerpos celestes estaban suspendidos, por encima de sus cabezas, en una bóveda en forma de casquete semiesférico, cuya base se apoyaba en el Plano del Horizonte. Esa bóveda en donde estaban suspendidos los cuerpos celestes, giraba sobre el observador alrededor de un punto llamado el Polo Celeste, arrastrando en su giro a todos los cuerpos celestes que estaban colgando de ella que se movían describiendo los Círculos Celestes.

La Bóveda Celeste

La **Bóveda Celeste** es una entelequia que inventaron los antiguos observadores del Cielo para estudiar los movimientos de los astros que lo recorrían y que contiene los Círculos Celestes tal como los vería un observador local, respecto al Horizonte del lugar

La entelequia llamada **Bóveda Celeste** es valida para explicar el Cielo Local y fue suficiente durante miles de años para pueblos como los Babilonios cuyo ámbito local era bastante limitado.

En los Astrolabios, la **Bóveda Celeste** es **especifica para cada localidad** y se proyecta sobre los **Tímpanos**.

La Esfera Celeste

Para los antiguos astrónomos griegos la entelequia llamada **Bóveda Celeste** se quedó pronto insuficiente.

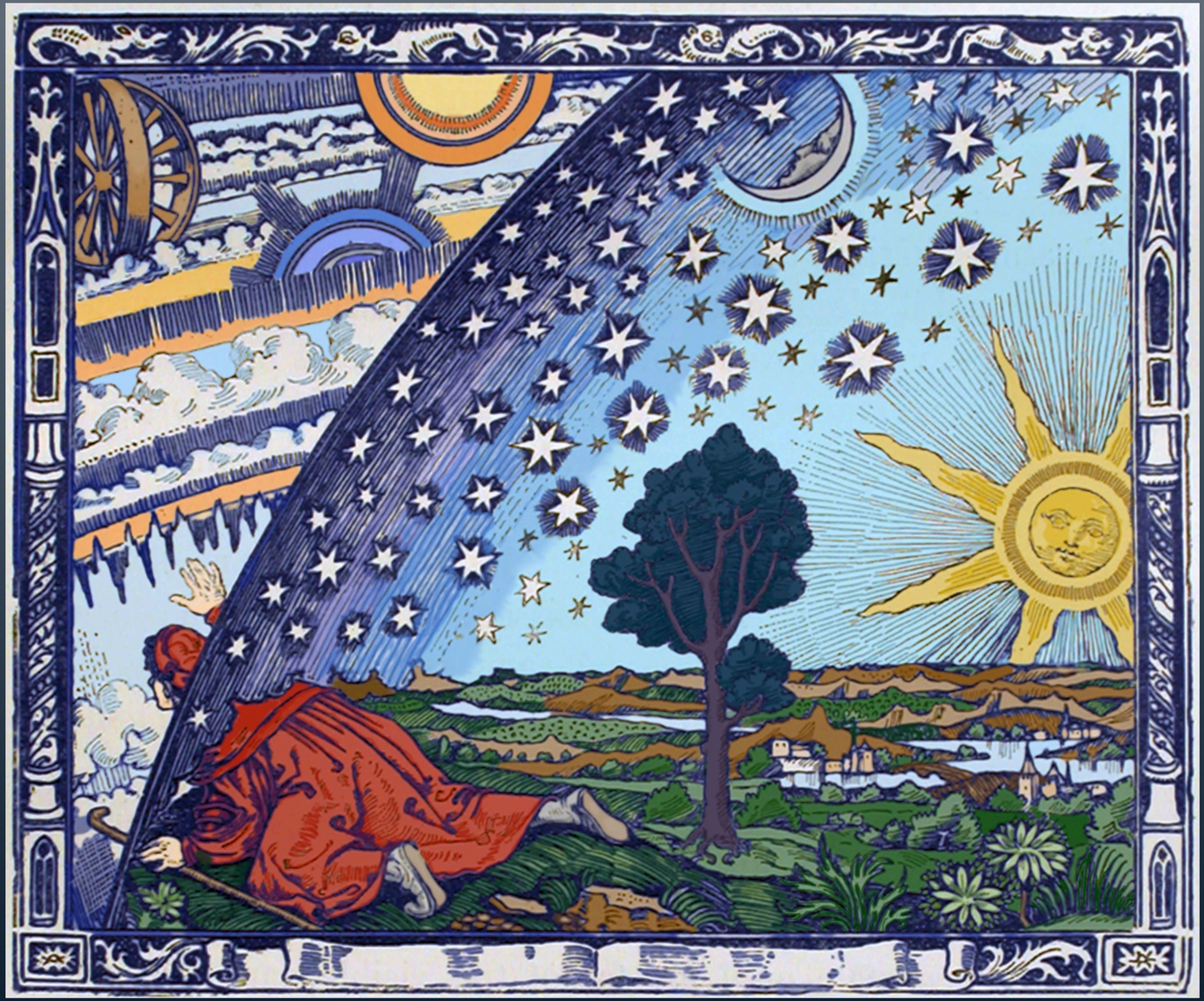
Con Alejandro Magno, las fronteras de los griegos se ampliaron hasta allende la India. La Bóveda Celeste, ya no les fue suficiente y aunque llegaron a imaginar hasta siete bóvedas distintas, todas se limitaban al ámbito local.

Cuando los estudiosos del Cielo ampliaron su ámbito geográfico, la enteléquia llamada **Bóveda Celeste** dejó de ser valida para explicar el Cielo y fue necesario recurrir a algo mas universal. Recurrieron a otra entelequia mas completa, a la que llamaron la Esfera Celeste.

Hemos dicho que en los Astrolabios, la **Bóveda Celeste** es **especifica para cada localidad, sin embargo, la Esfera Celeste** es universal y es válida para todas las latitudes.

La Esfera Celeste fue junto con la Bóveda Celeste una entelequia inventada por los antiguos astrónomos griegos, para explicar los movimientos de los cuerpos celestes desde un ámbito mas universal. . En ella los arcos descritos por el Sol y los Astros en la Bóveda Celeste, formaban círculos completos , de este modo, se convirtió en universal.

En los Astrolabios, la **Esfera Celeste** se proyecta en la **Araña,** que es **Universal,** es decir es la misma para todas las Latititudes.



Idealización de las distintas Bóvedas Celestes imaginadas por los astrónomos antiguos.
Grabado de la pagina 166 del libro de Camille Flammarion "Le Atmosphere" en su edición de 1888, coloreado por Susanna Magruder. (Licencia Creative Commons)

El Astrolabio Planisférico

La relación entre el Astrolabio y los Circulos Celestes

El Astrolabio y los Círculos Celestes.

Los antiguos astrónomos griegos inventaron un artilugio, para representar la Esfera Celeste, con el cual podían estudiar el recorrido de los astros del Cielo por los principales Círculos Celestes y tomar medidas de sus posiciones en el Cielo.

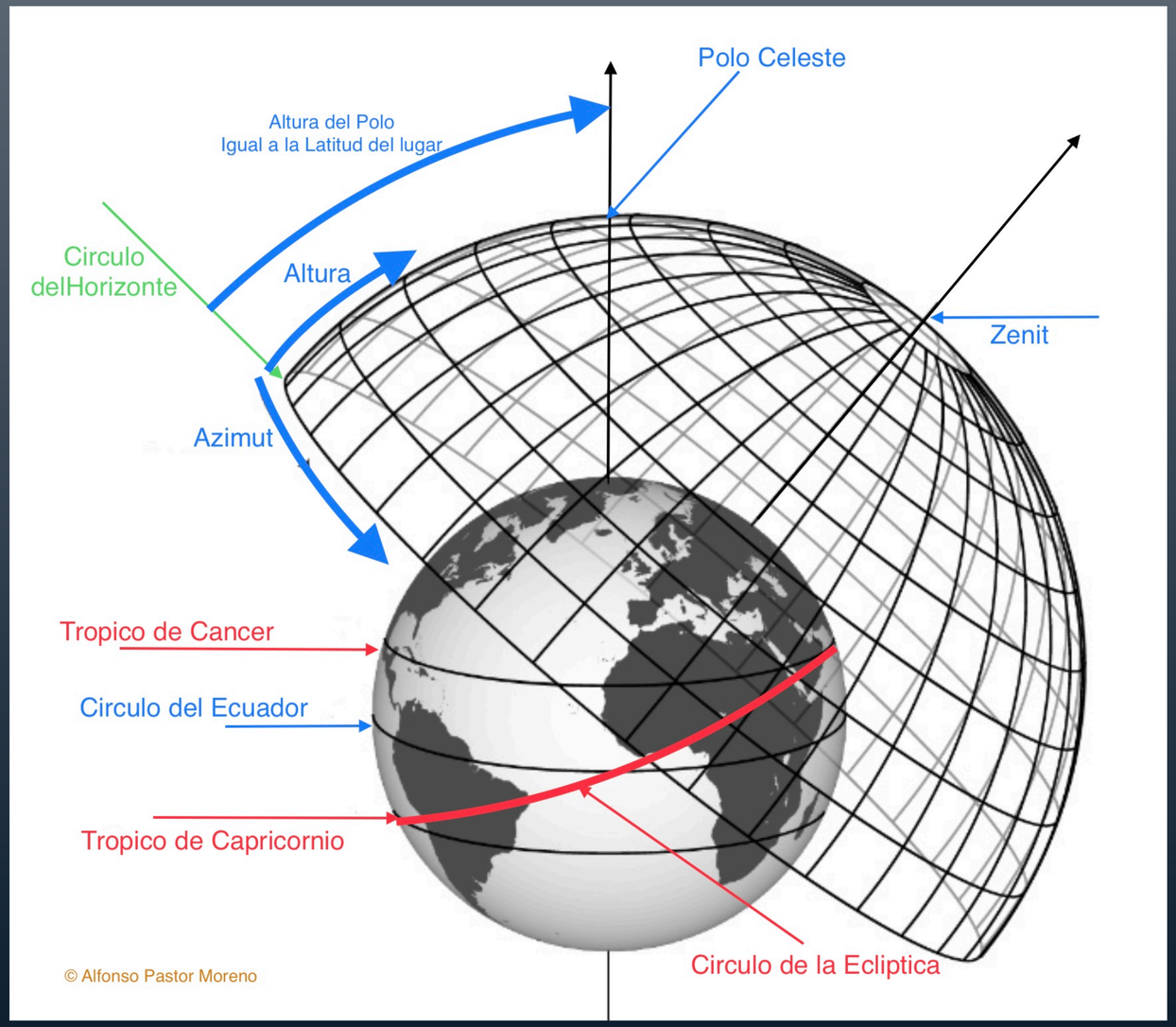
Ese artilugio, fue la esfera armillar, que consistía en un armazón esferico formado por una estructura constituida por varios circulos sujetos por determinados puntos.
A dicho dispositivo lo llamaron Astro_Labon, *(ἀστρολάβος o ἀστρολάβον)*, es decir tomador de astros.

El nombre griego se refiere sin duda a que con él, podían tomar las posiciones de los astros del Cielo, para poder estudiarlos..

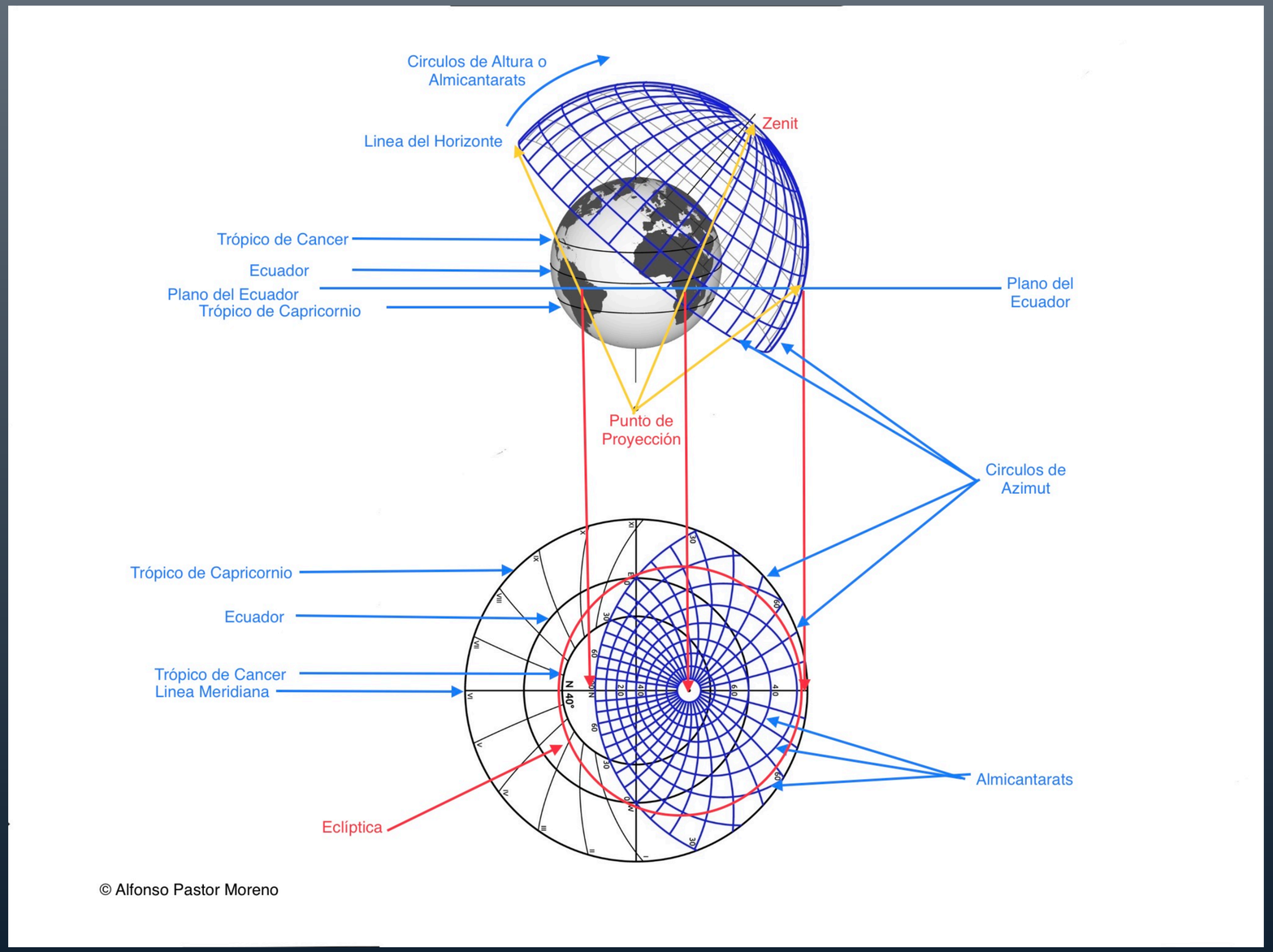
Los Círculos Fundamentales representados en el Astrolabio Planisférico

Los Círculos que se proyectan en el Astrolabio Planisférico son de dos tipos, los Círculos Celestes, que son los que corresponden a la proyección de los círculos de la Esfera Celeste y los Círculos Locales, que son los corresponden a la proyección de los círculos de la Bóveda Celeste Local. Los de la Esfera Celeste son los mismos para todas las laminas del Astrolabio. Los de la Bóveda Celeste, son específicos para cada latitud, y solo son válidos en esa latitud.

Los Círculos de la Bóveda Celeste que se proyectan en los Tímpanos de los Astrolabios.

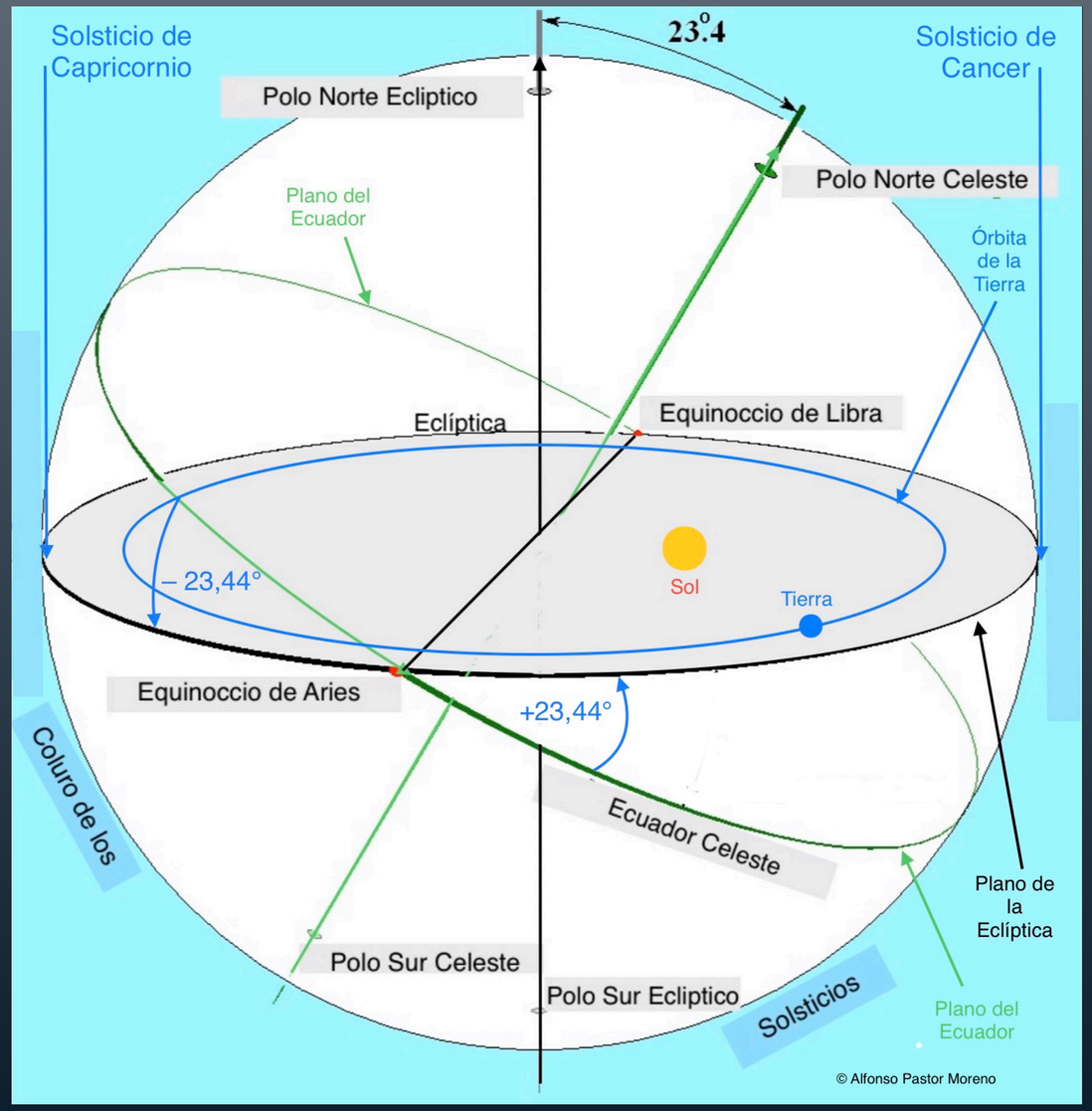


Bóveda Celeste Local sobre un punto de la superficie de la Tierra en un instante dado

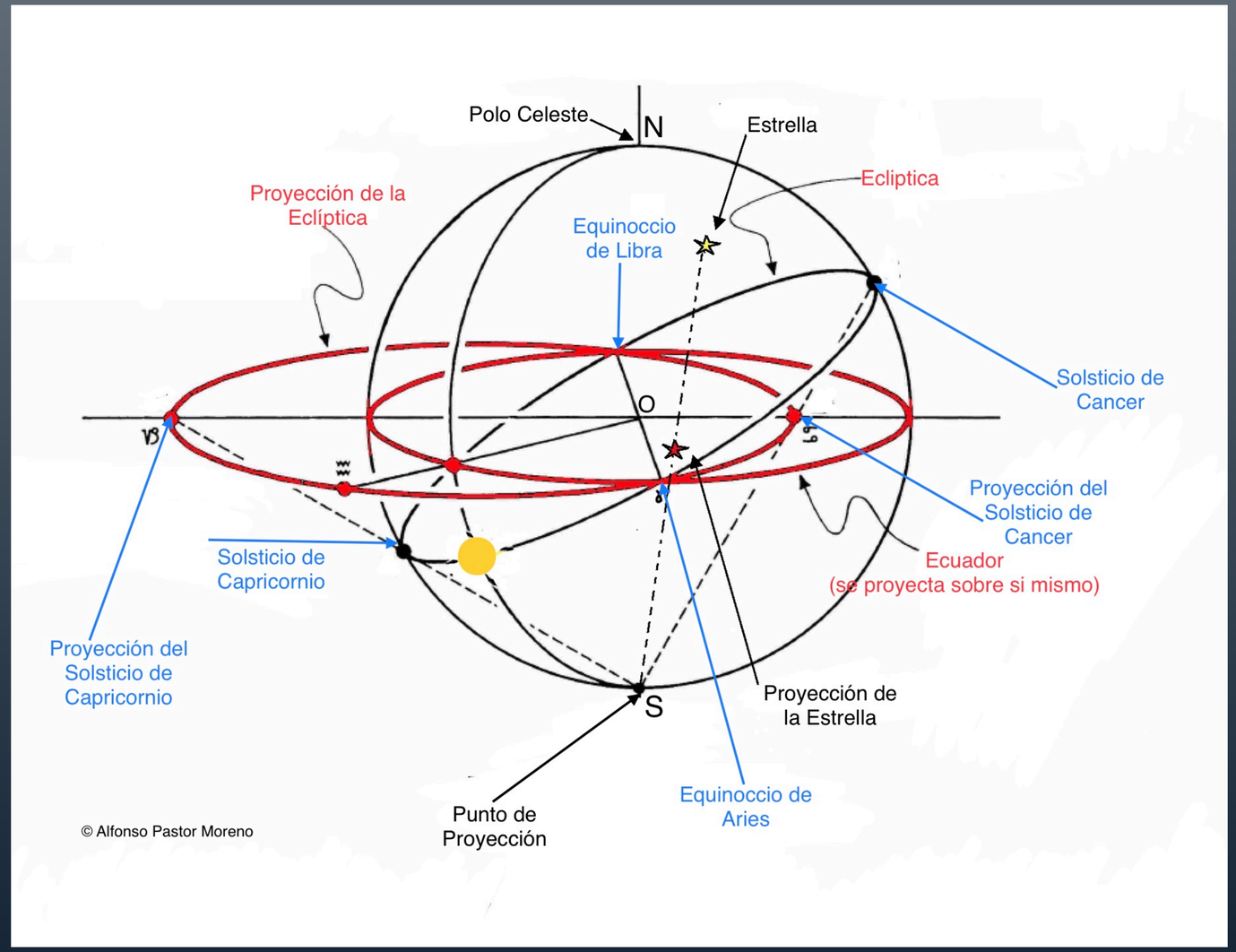


Los Círculos de la Bóveda Celeste que se proyectan en los Tímpanos de los Astrolabios. Son los Circulos de Azimut y los Almicantarats.

Los Círculos de la Esfera Celeste que se proyectan en los Rete de los Astrolabios.

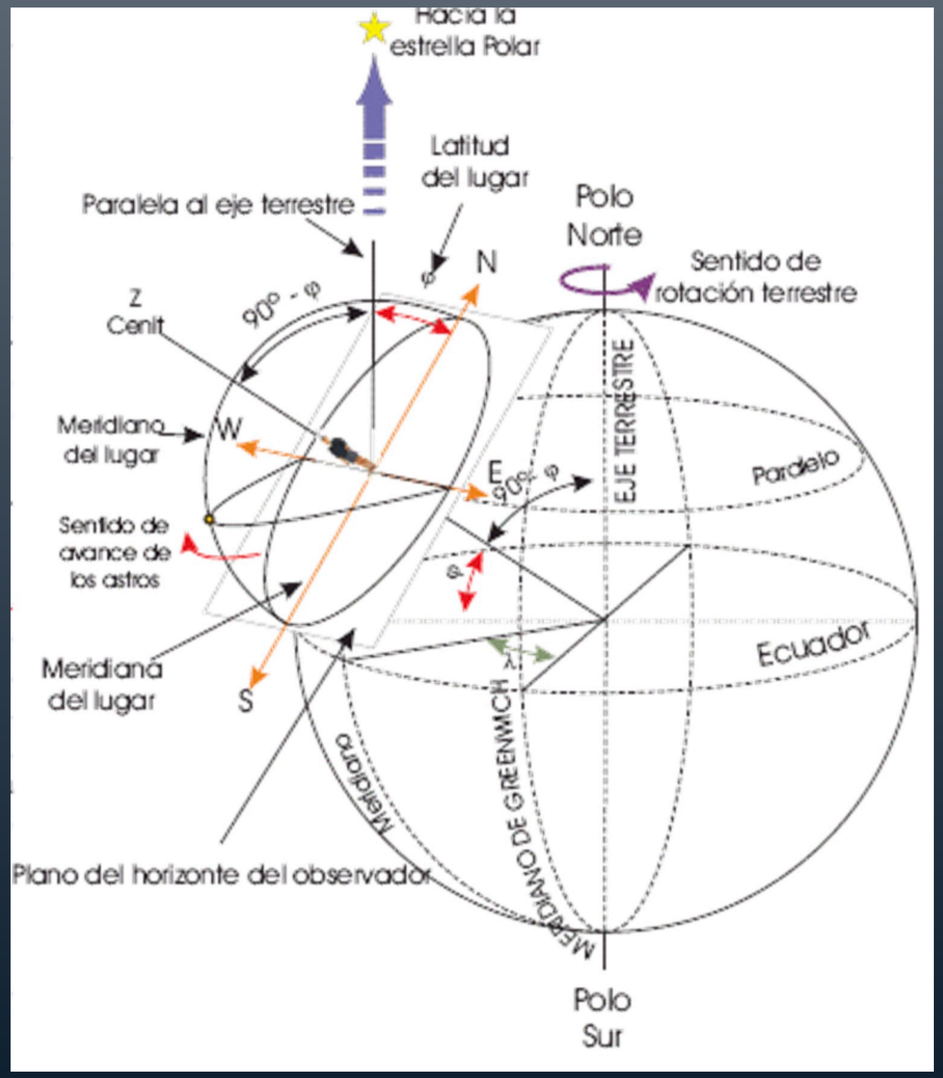


La Esfera Celeste con sus principales circulos.



Los Círculos de la Esfera Celeste que se proyectan en la Araña o Rete de los Astrolabios. Son los Circulos del Ecuador, los de los Trópicos de Cancer y de Capricornio y el Círculo de la Eclíptica.

Relación entre la Bóveda Celeste y la Esfera Celeste



Relación entre la Boveda Celeste Local y la Esfera Celeste.

El Astrolabio Planisférico

La evolucion de la Esfera Armillar al Astrolabio Planisférico.

Los primeros Astro-Labo, *(ἀστρολάβος o ἀστρολάβον)*, fueron sin duda esféricos, sin embargo, un día se le ocurrió a alguien la brillante idea de abatir los Círculos Celestes sobre un plano.

De ese modo, el complicado y dificil de transportar Astro-Labon, *(ἀστρολάβος o ἀστρολάβον),* esférico se hacía mas facilmente transportable, a la vez que facilitaba determinados calculos astronómicos.

El abatir una esfera sobre un plano, no es nada facil, para poder hacerlo hay que recurrir a ungún tipo de proyección geométrica. La proyección escogida fué la Proyección Estereográfica de la Boveda Celste sobre el Plano Ecuatorial y aunque este tipo de projección parece ser que la inventó Hiparco, al primero que se le ocurrió aplicarla para proyectar un Astro-Labon, *(ἀστρολάβος o ἀστρολάβον),* esférico, sobre un plano, fué a Ptolomeo. Es por ello, que se le considera el padre del Astrolabio Planisférico e incluso escribió un pequeño tratado sobre el Astrolabio al que él llamó Planispherium.
A partir de entonces hubo que distinguir entre el Astrolabio esferico y el Astrolabio Planisférico.
Al primero, se le llamó Esfera Armillar y al segundo, Astrolabio Planisférico o simplemente Astrolabio Plano.

Es muy posible, que el primer tipo de Astro-labon fuera esférico y consistiera en una esfera maciza, como la que podemos ver en esta figura.

De hecho el Astrolabio Esférico que se muestra aquí, aunque es de una época mucho más tardía, según dice David King, es el único autentico que existe en el Mundo.

Fue fabricado en Siria o en Egipto hacía 1480 y su modelo es muy similar al que se describe en los "Libros del Saber de Astrología" de Alfonso X de Castilla (1276)

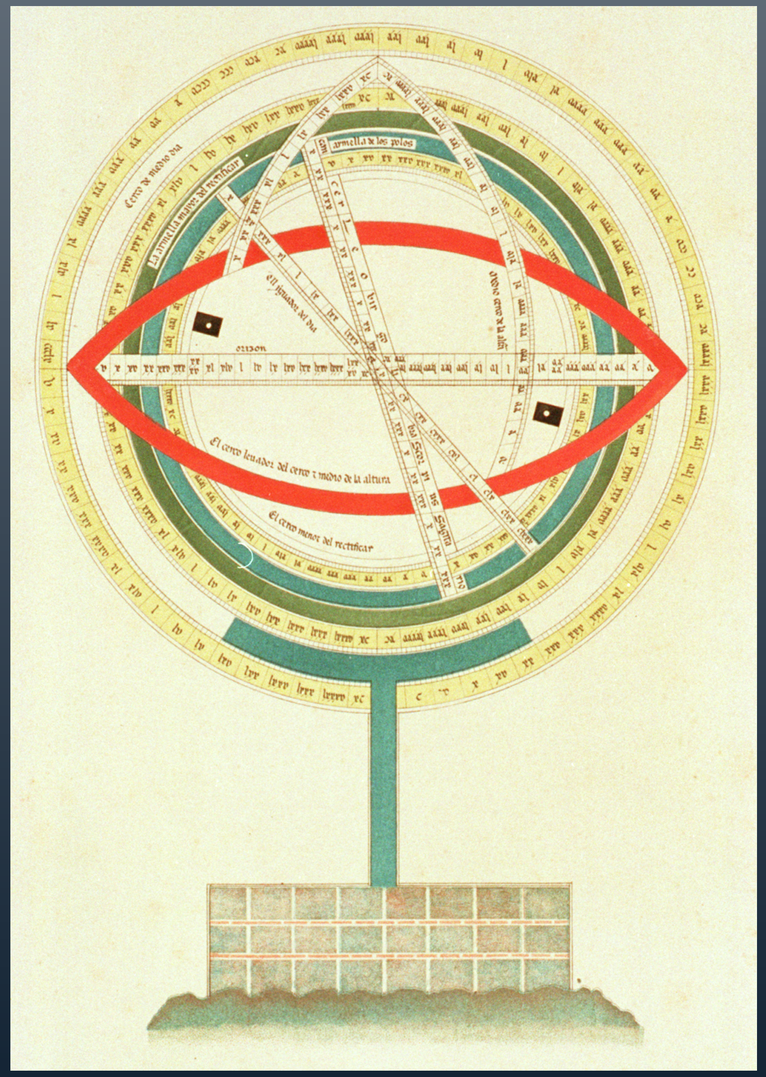
Durante varios siglos, el Astro-labon era una esfera hueca.

Astrolabio Esférico de 1480. Probablemente de Siria o Egipto.
Museum of the History of Science, Oxford

Mas tarde, los astrolabios esfericos macizos evolucionaron y dieron paso a la representación de la Esfera Celeste solo con los principales circulos del Cielo hechos con aros o anillas, que se cruzaban en angulo como se cruzan en el Cielo los princioales circulos celestes.

Así nació el tipo de Astrolabio esférico que se conoció después como la Esfera Armillar, para distinguirlo de los Astrolabios macizos.

Aqui puede verse una imagen de una Esfera Armillar, tal como aparece en una de las paginas del "los "Libros del Saber de Astrología" de Alfonso X de Castilla.



Representacion de una Esfera Armillar en los "Libros del Saber de Astrología" de Alfonso X de Castilla

El Astrolabio Esférico se utilizó durante varios siglos y fue evolucionando de una esfera hueca, a un armazón formado por cuatro aros graduados o incluso a veces sin graduar.
A este tipo de Astrolabios Esféricos acabó llamándoseles Esferas Armillares, ya que estában constituidas de Armillas, (que significa aros o anillos), que representaban los principales círculos de la Esfera Celeste,

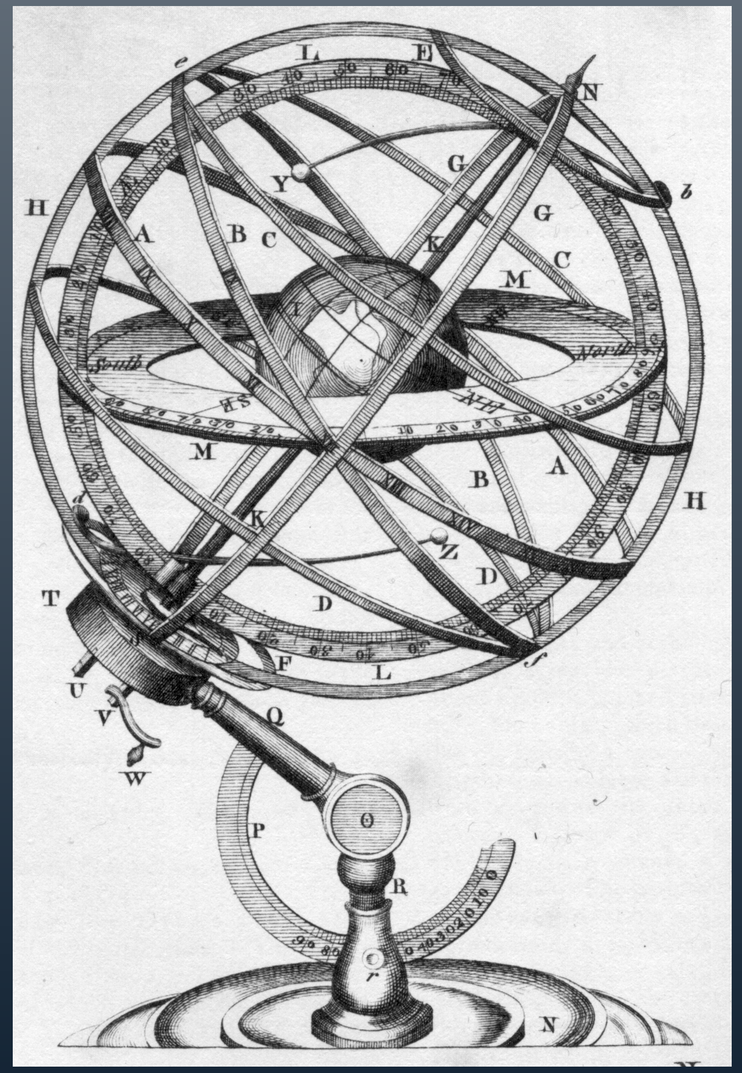
Las esferas armilares fueron desarrolladas primeramente por los astrónomos griegos. Ya en el Siglo III a.C, se hace mención de ellas como de un instrumento para estudios astronomicos.

En sus versiones más grandes y más precisas también se utilizaron como instrumentos de medición astronómica.

Las Esferas Armillares fueron evolucionando y de sus cuatro circulos originales, , llegaron a tener nueve círculos en las mas evolucionadas, aunque parece ser que, las de nueve circulos no aparecieron hasta la época romana hacia el Siglo II de la e.C.

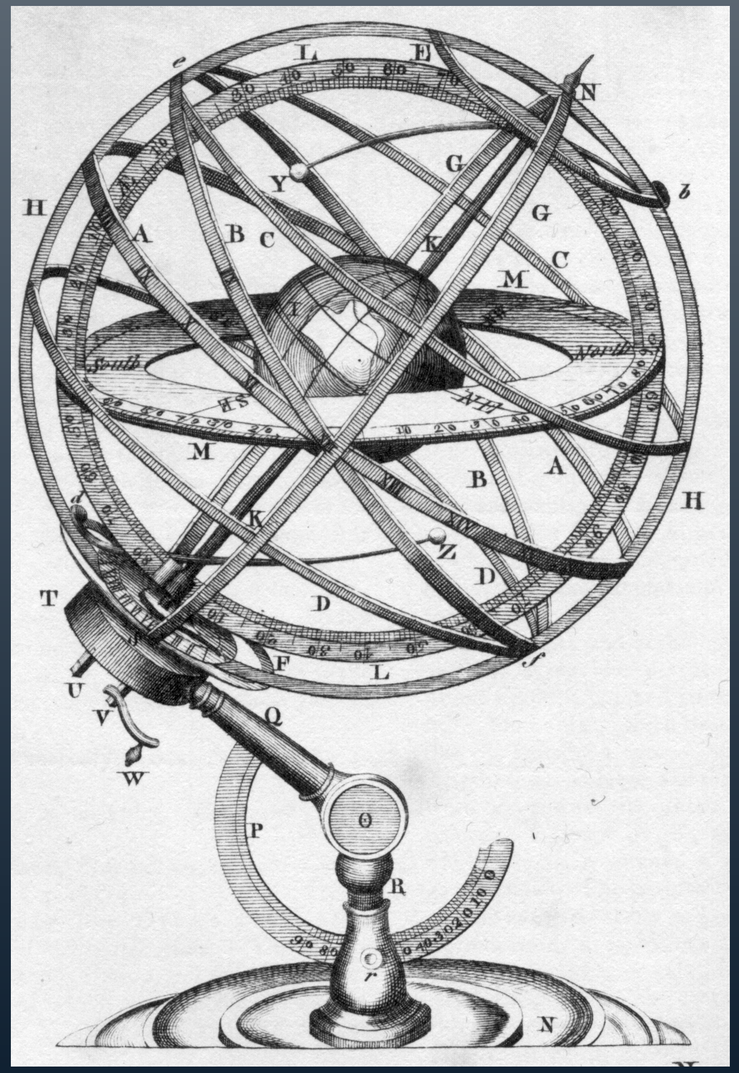
Marco Vitruvio Pollion, (50 a.C), en sus "Diez libros de Arquitectura", menciona el Analemma, un procedimiento para proyectar la Ecliptica sobre la línea meridiana. Si hubiera conocido como proyectar la Esfera Armillar completa, casi seguro que habría basado su Analemma en la proyeccion de la esfera , pero simplemente no lo hizo, o bien porque no se conocia el modo de hacerlo, o bien porque aunque ya se conociera el modo de hacerlo, a Vitrubio le era desconocido, cosa muy improbable tratándose de Vitruvio.
Por lo tanto, hemos de asumir que la proyección de la Esfera Celeste sobre un plano es posterior a Vitruvio.

En las figuras siguientes puede verse una Esfera Armillar muy completa, aunque de epoca muy tardía, que se conserva en el Museo de Historia de la Ciencia de Oxford.



Esfera Armillar que se conserva en el Museo de Historia de la Ciencia de Oxford y el esquema de sus partes.

Descripción de las partes de la Esfera Armillar de la Lamina LXXVII de Britannica Enciclopaedia, mostrada en la pagina anterior



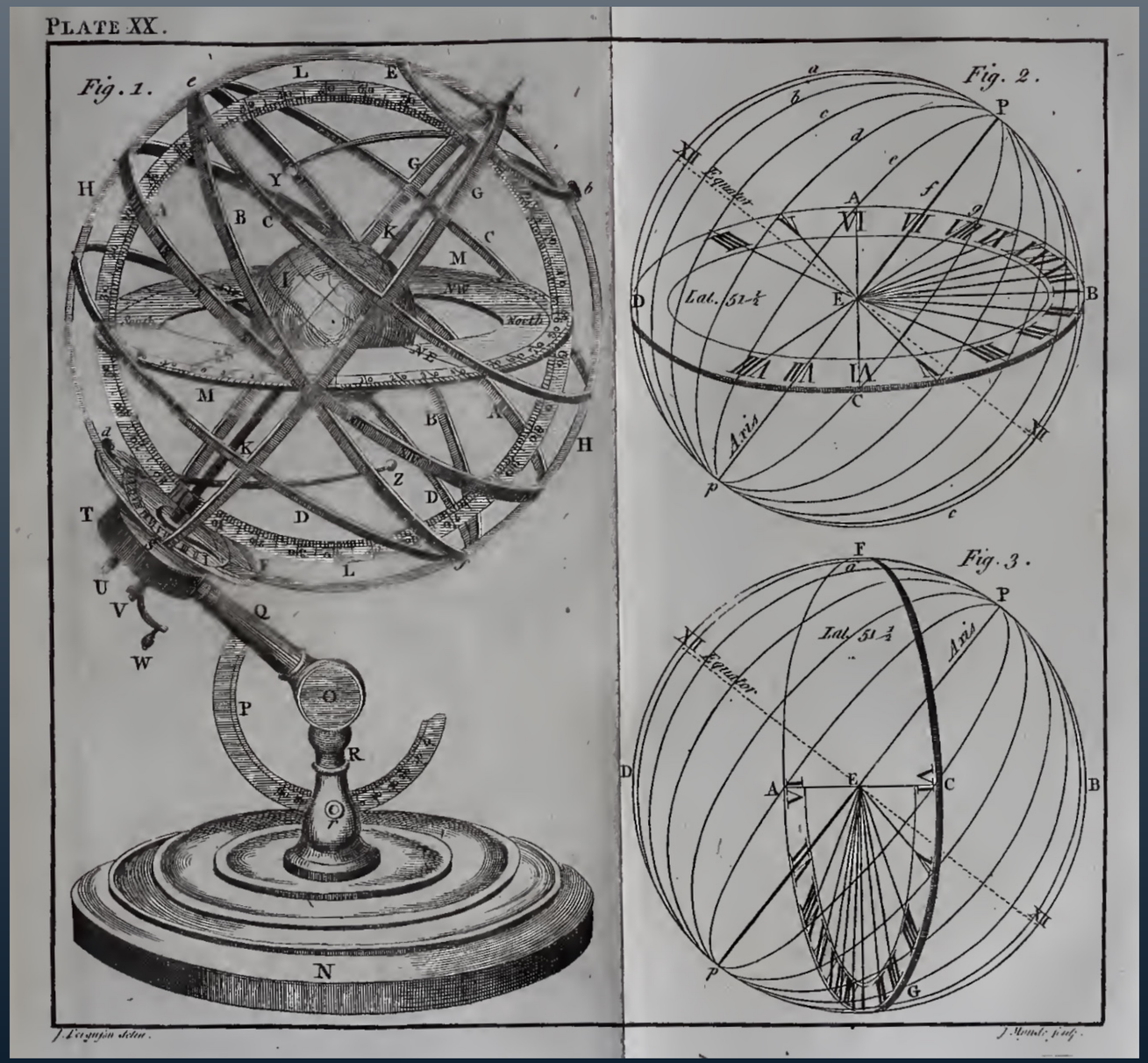
Esfera Armillar y sus circulos.Britannica Enciclopaedia

Esfera Armillar (Lamina LXXVII de Britannica Enciclopaedia)
Ψ
A Circulo Equinoccial
b Polo Norte
B Circulo de la Eclíptica
(Indicando el lugar del Sol cada día del año)
C Circulo del Trópico de Cancer.
(Toca a la Ecliptica en el punto c)
d Brazo que sujeta a la Luna Z
D Circulo delTropico de Capricornio.
(Toca a la Ecliptica en el punto f)
E Circulo Polar Arctico
F Circulo Polar Antartico
G Coluro de los Equinoccios
H Coluro de los Solsticios
J GloboTerrestre
K Eje Terrestre
L Meridiano Celeste graduado.
M Horizonte movil
n Polo Norte Terrestre
N Polo Norte Celeste
N Base o pedestal
O Soporte
P Soporte graduado de (0° a 90°)
Q Brazo de soporte
r Tornillo para fijar la inclinación
R Rotula de soporte
s Polo Sur Terrestre
S Polo Sur Celeste
T Caja del mecanismo de relojería
U Moleta para ajustar la posición de la Tierra en la caja T
V Moleta para ajustar la posición de la Tierra en la caja T
W Manivela para ajustar la posición de la Tierra en la caja T
Y Sol
Z Luna

Las Esferas Armillares tienen un sin fin de aplicaciones en Astronomía, pues pueden utilizarse no solo como un modelo de estudio, si no también como un instrumento para cconvertir entre sistemas de coordenadas Horizontales a Ecuatoriales, o incluso para medir angulos directamente si se le colocan alidadas en los círculos graduados.

Una aplicación secundaria, pero no por ello menos interesante es su utilización como herramienta gnomónica, o bien adaptándolas directamente como relojes solares universales, o buien utilizandolas como herramienta para proyectarlos.

En las siguientes figuras vemos la adaptación de Esferas Armillares para realizar con ellas relojes de Sol universales.



Esfera La Esfera Armillar puede utilizarse para el trazado de Relojes de Sol Ecuatoriales.

Aquí vemos una parte de los círculos de la Esfera Armillar utilizados para confeccionar un reloj de Sol Ecuatorial capaz de funcionar en todas las latitudes. .

Martin Cortes "Breve Compendio de la Sphera o de la Arte de Navegar". La 1ª edición se imprimió en Sevilla en 1551

El Astrolabio Planisférico

Del Astrolabio Esférico al Astrolabio Plano

Del Astrolabio Esférico al Astrolabio Plano

El Astrolabio Esférico tanto en su forma maciza como en su forma de Esfera Armillar, era engorroso de transportar y ademas, las armillas que constituían la esfera eran fáciles de deformar y por lo tanto, se podía así disminuir la precisión del instrumento.

En determinada época de la Historia de la Astronomía, a alguien se le ocurrió proyectar el Astrolabio Esférico sobre un plano y conseguir así el llamado Astrolabio Plano.

Todos los indicios apuntan a que quien consiguió esa proeza fue el preclaro astrónomo Claudio Ptolomeo.

La verdad es que el conseguir abatir una esfera sobre un plano, no debió de ser cosa fácil,

El problema, estriba en que una esfera no permite su desarrollo sobre un plano, como es posible hacer con un cilindro.

Para abatir una esfera sobre un plano, es necesario recurrir a algún tipo de proyección geométrica.

Sabemos que Hiparco de Nicea, conocía el método de proyección estereográfica de la esfera, sin embargo, también sabemos que él no fue quien construyo el primer Astrolabio Plano.

Aunque el original griego se perdió, han llegado hasta nosotros traducciones de él hechas, tanto del griego al latin, como del griego al árabe, y por ¡Extrañas paradojas de la vida!, del griego al árabe y después del árabe al latín.

Lo cierto es que el origen del "Astrolabion Planispherium", es griego sin ninguna duda.

De Ptolomeo pasa a Theón de Alejandría, (335-405 d.C), padre de la famosa Hipatia, de quien se dice que basándose en las enseñanzas recibidas de su padre, construyó Astrolabios Planisfericos, aunque puede ser otra de las muchas fábulas que rodean todo lo relativo a esta controvertida mujer.

Parece ser que Theon, antes que Jean Philoppon, escribió tambien un tratado sobre el Astrolabio Planisférico, hoy perdido, pero que según Neugebauer, se preserva en el "Tratado sobre el Astrolabio" de Severo Sabokth, (que fue escrito entre el año 550 y el año 660, pero no mas tarde de esa fecha).

Sobre esto hay que decir, que tanto Philoppon como Sabokth eran clerigos cristianos. Son por lo tanto los griegos cristianizados quienes transmitieron este conocimiento a los muhaiddines islámicos.

De hecho, el Astrolabio fechado mas antiguo del Mundo, que se custodia en el Museo Nacional de Kuwait, fue realizado en el año 925 de la era cristiana, por Nastulus, un cristiano Nestoriano afincado en Siria.

Los Nestorianos eran una comunidad cristiana de origen griego, que se establecieron en Persia, pero fueron declarados herejes en el Concilio de Efeso del año 431, por lo que mantuvieron sus propios ritos hasta la conquista musulmana de Persia).

Debido a las invasiones de los mahometanos sobre los antiguos territorios bizantinos que fueron los herederos de la cultura grecorromana, la antigua Ciencia griega, alcanzó su total decadencia.

La quema deliberada en el año 640 de lo poco que quedaba de la biblioteca de Alejandría por el califa Omar, fue su punto final.

Sin embargo, el contacto de los árabes con los pueblos invadidos, dio sus frutos. De este modo, los eruditos árabes aprendieron a fabricar Astrolabios Planisféricos enseñados por los eruditos de comunidades cristianas de raíces grecorromanas, como los coptos o los nestorianos.

Cuando los Astrolabios Planisféricos, pasaron de los griegos a los árabes, estos los llamaron *asturlāb o aṣṭurlāb* , lo cual evidencia que su origen, está en el antiguo instrumento griego llamado Astrolabon.

A partir de la conquista árabe de los antiguos territorios bizantinos y sobre todo a partir de la conquista del antiguo Egipto grecorromano, los árabes, difunden por todo su nuevo imperio los conocimientos sobre el Astrolabio Planisférico, como un preciado instrumento para determinar las horas de las oraciones y las fechas de las festividades religiosas.

Primero se traducen al árabe algunos antiguos tratados griegos sobre el Astrolabio Planisférico, como el de Ptolomeo, cuyo original griego esta perdido y solo lo conocemos a través de traducciones hechas del árabe al latín.
Mas tarde, se suceden un montón de tratados, escritos ya directamente en arabe, como los de Al Farghani o el de Mashaala y un sinfín de otros tratados sobre el cuadrante vetus, así como sobre otros instrumentos astronómicos y sobre procedimientos de calculo, desconocidos hasta entonces, muchos de los cuales no sabemos si son de origen grecorromano, o fueron de desarrollo original de los árabes

Mientras tanto, en el mundo cristiano, se vive una epoca muy oscura para la Ciencia y muchos de los conocimientos de los antiguos griegos y romanos, se dan por perdidos.

Sin embargo, la invasión árabe en el año 711, de los antiguos territorios de la Hispania Romana, territorios que los árabes llaman Al_Andalus, hace que los conocimientos de los antiguos astrónomos grecorromanos pasen aAl_Andalus a través de los eruditos arabes que se asentaron allí.

Los descendientes de los antiguos habitantes de la Hispania Romana, poco a poco fueron reconquistando el territorio que los árabes habian invadido.

En los territorios reconquistados, ocurrió lo mismo que había ocurrido siglos antes cuando los árabes invadieron los antiguos territorios de Bizancio.

La cultura del pueblo invadido, se transmitió al pueblo invasor.

En este caso, la reconquista sirvió para volver a poner en contacto a los reconquistadores con su cultura grecorromana ancestral, que a causa de las invasiones habían perdido. Conforme los eruditos cristianos se fueron poniendo en contacto con los eruditos árabes de los territorios reconquistados, les fue llegando a través de ellos la antigua Ciencia grecorromana preservada y ampliada por los árabes y que a través del contacto con los cristianos, volvió a Europa.

El crisol de culturas que fueron los territorios reconquistados dio sus frutos. Parte del saber que los árabes habían recogido de los antiguos griegos, evolucionado y ampliado por los eruditos árabes, pasó de ellos al castellano y del castellano al latín, o a veces, directamente del árabe al latín.

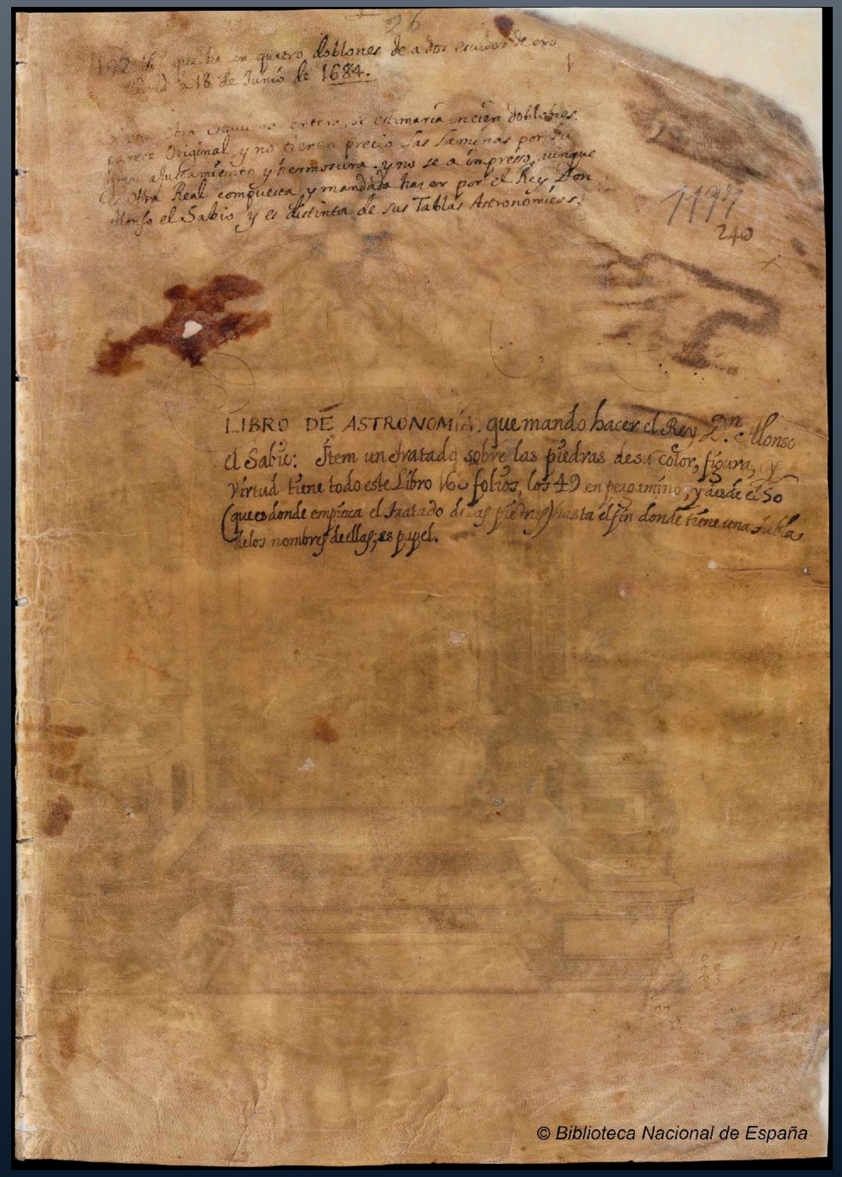
Uno de los mas bellos tratados, fruto de aquella época, es el "Libro del Astrolabio Llano" que está contenido en la obra conocida como "Los Libros del Saber de Astrología" que el Rey Alfonso X de Castilla mandó compilar a los eruditos de la llamada Escuela de Traductores de Toledo, entre los años 1276 y 1277. Los procedimientos para la construcción del Astrolabio Plano que en este tratado se describen, muy probablemente tienen su origen en el antiguo Tratado del "Astrolabon Planisphericus' de Claudio Ptolomeo, cuyo original griego esta perdido y solo han llegado hasta nosotros las traducciones que fueron hechas al árabe y luego del árabe al latin.

En las paginas siguientes podemos ver algunas figuras del "Libro del Astrolabio Llano" pertenecientes al manuscrito de los "Libros del Saber de Astronomía",

El Astrolabio en la España mudejar.

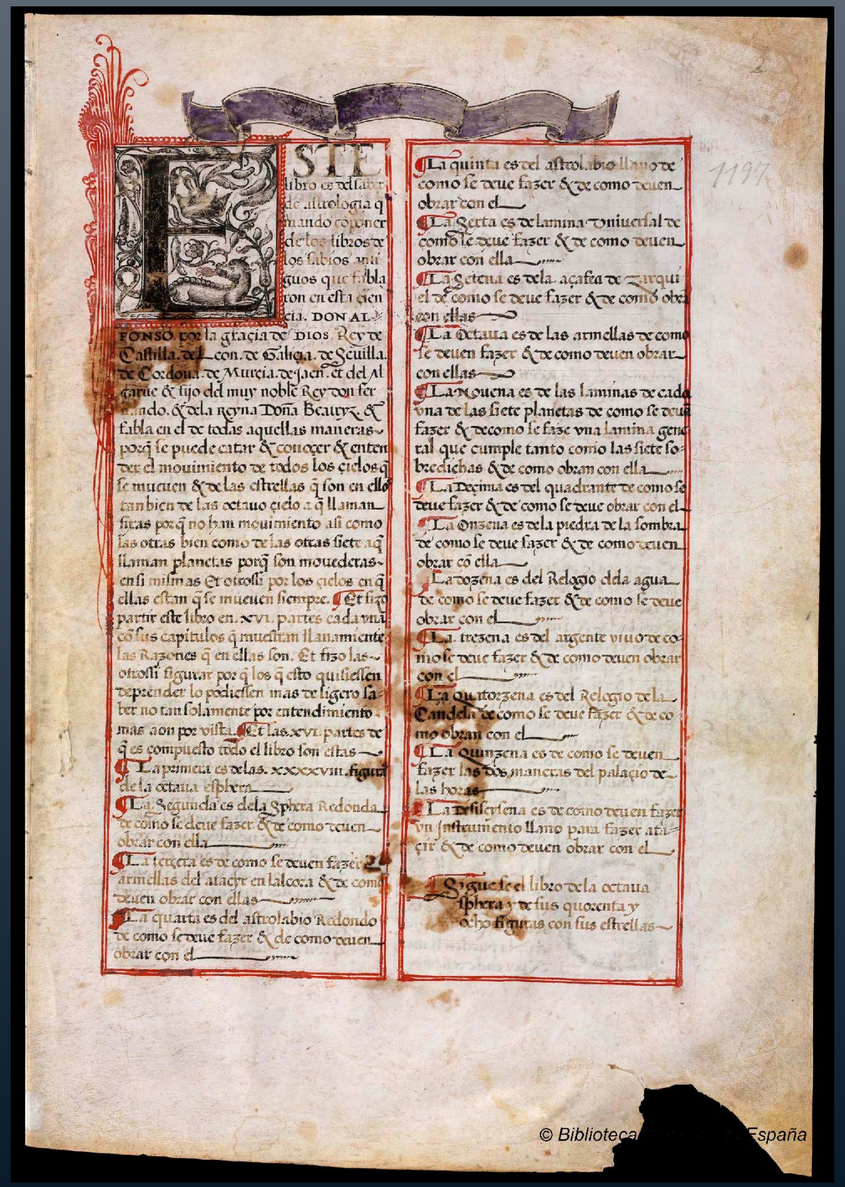
La España Mudejar, fue un crisol de intercambio de conocimientos, por donde la Ciencia perdida de la Grecia Clásica, que persistió viva en el mundo arabe, volvió al mundo cristiano, de donde originariamente había salido.

Esta es la portada del manuscrito incompleto en pergamino de los "Libros del Saber de Astrología", que se conserva en la Biblioteca Nacional de España, escrito entre 1276-1277, con el auspicio del Rey Afonso X de Castilla.



Portada del manuscrito de los "Libros del Saber de Astrología"

Escuela de traductores de Toledo, 1276.
Biblioteca Nacional de España.



Primera pagina en pergamino del manuscrito incompleto de los "Libros del Saber de Astrología", que se conserva en la Biblioteca Nacional de España, escrito entre 1276-1277, con el auspicio del Rey Afonso X de Castilla.

El texto dice claramente:

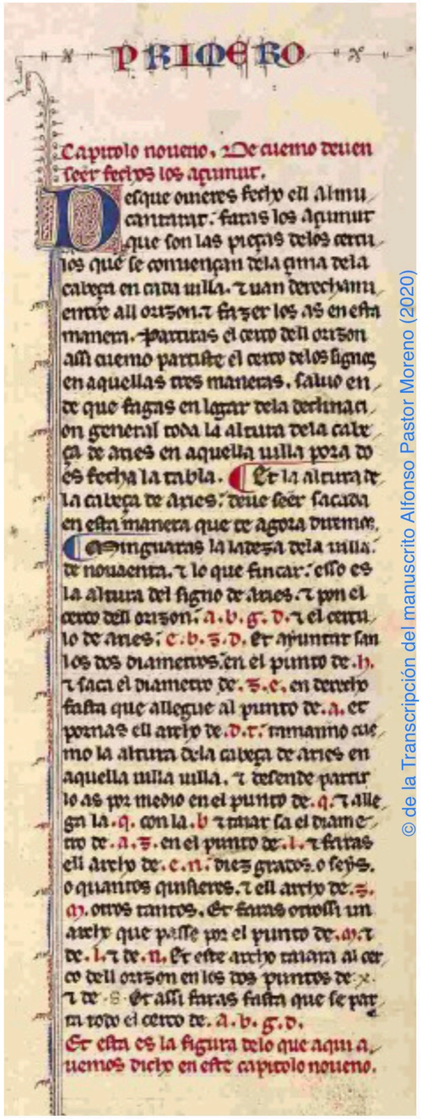
"Este es el Libro del Saber de Astrología que mandó componer de los libros de los sabios antiguos que fablaron de esta ciencia Don Alfonso por la Gracia de Dios....."

No entiendo porque la mayoría de los autores se refieren a este texto como de "Los Libros del Saber de Astronomía" y no de Astrología como es en realidad.

Se cree que el manuscrito que conserva en la Universidad Complutense, es el original que se escribió para el Rey Alfonso X de Castilla.

Desgraciadamente, hay páginas a las que le faltan varios pedazos, a causa del deterioro producido por el tiempo y por los daños perpetrados por las malos restauradores, que se preocuparon mas de mejorar el aspecto estetico de lo que quedaba del manuscrito, que de conservar su contenido.

En el año 1863, por Orden Real, el catedrático D. Manuel Rico Sinobas, a partir de los tres manuscritos conocidos, compiló los "Libros del Saber de Astronomía", realizando una obra completísima de cinco volumenes, cuya copia digital, puede descargarse de la Biblioteca Nacional de España. (El quinto volumen está incompleto ya que la segunda parte nunca llegó a editarse). Muchas de las paginas incompletas de los manuscritos, se encuentran completas y transcritas a escritura legible, en la obra de Rico Sinobas.



PRIMERO

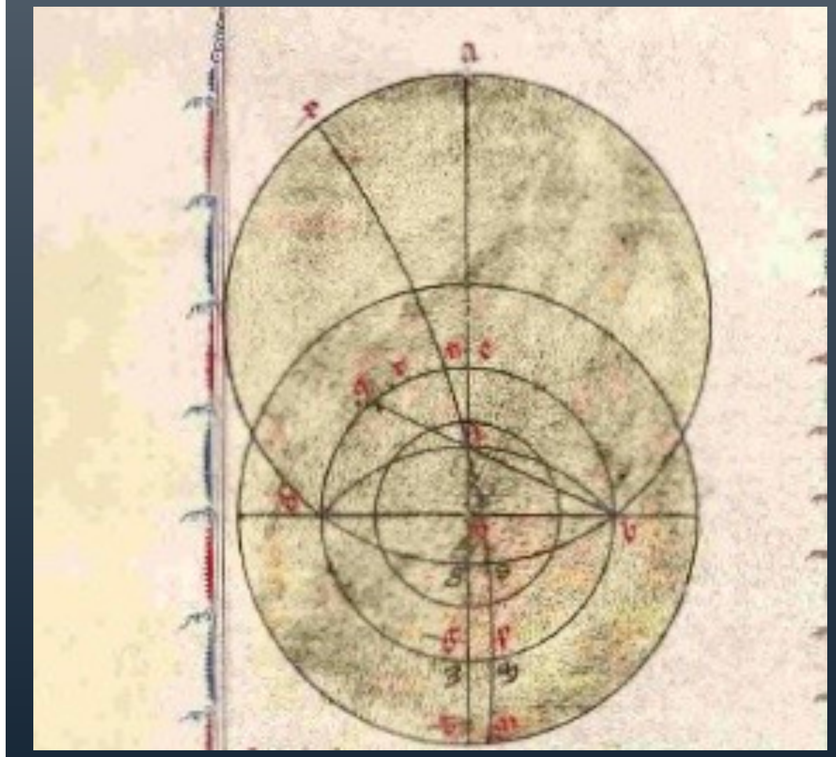
Capitolo noueno. De cuemo deuen seer fechos los açimur.

Desque ouieres fecho ell Almucantarar, farás los Açimur que son llas pieças de los círculos que se comiençan dela çima de la cabeça en cada uilla et uan derechamente all orizon. Et facerlos as en essa manera. partras el cerco dell orizon assi cuemo partiste el cerco de los signos en aquellas tres maneras, saluo ende que fagas en logar dela declinacion general toda la altura de la cabeça de aries en aquella uilla pora do es fecha la tabla.

Et la altura de la cabeça de aries deue seer sacada en essa manera que te agora diremos. Minguaras la ladeza de la uilla de nouaenta et lo que sincar, esso es la altura dell signo de aries. Et pon el cerco dell orizon a,b,g,d et el cerculo de aries e,b,z,d. Et ayuntarsàn los dos diametros en el punto de h. et saca el diametro de z,e en derecho fasta que allegue al punto de a. et pornás ell ancho de d.t, tamanno cuemo la altura de la cabeça de aries en aquella della uilla. et desende partirlo as por medio en el punto de q. et allega la q con la b et tallarsá el diametro de .a.z. en el punto de l. et farás ell archo de .e.n. diez grados ó seys ó quantos quisieres, et ell archo de z.m otros tantos. Et farás otrossi un archo que passe por el punto de m et de l. et de n. Et este archo taiará al cerco dell orizon en los dos puntos de x et de S et asi farás fata que se parta todo el cerco de a,b,g,d.

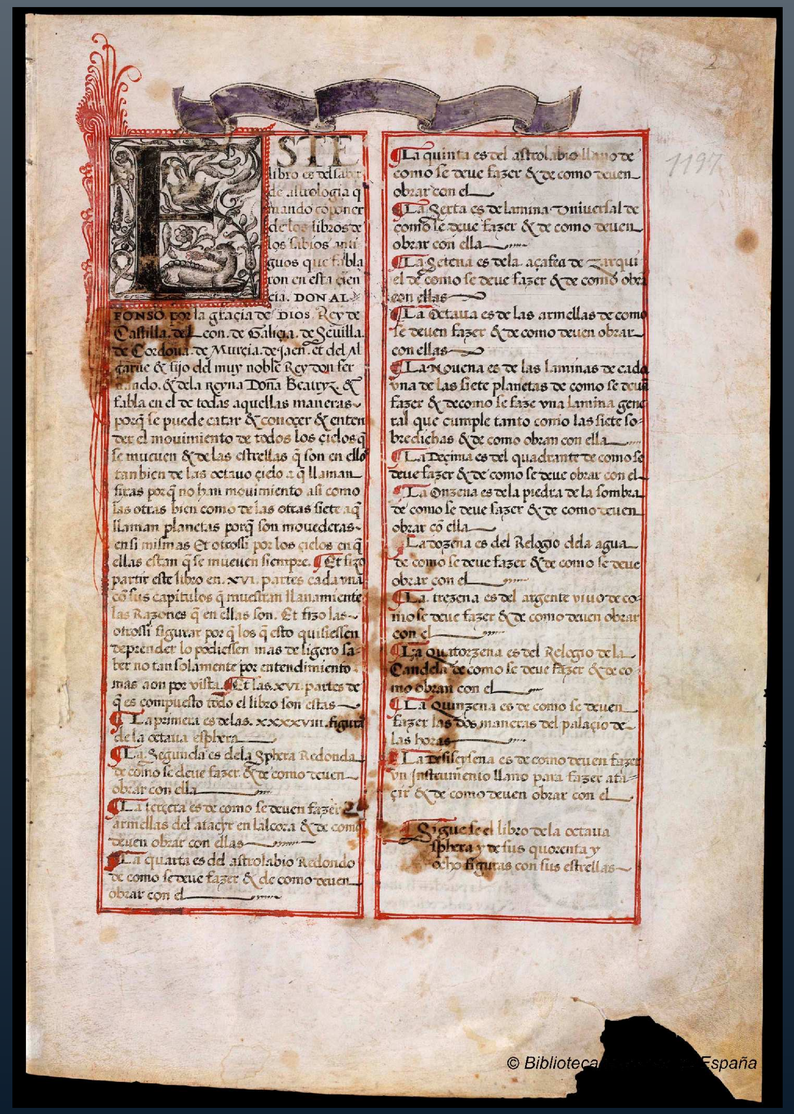
Et esta es la figura delo que aquí auemos dicho en este capitolo noueno.

© de la Transcripción del manuscrito Alfonso Pastor Moreno (2020)



Primera página del manuscriro que se conserva en la Universidad Complutense de Madrid

La misma pagina en el manuscrito conservado en la biblioteca Nacional de España.



Manuscrito de "Los Libros del Saber de Astronomía" Afonso X de Castlla. Toledo 1276 .

La proyección de Ptolomeo para el Astrolabio Plano.

Ptolomeo, para abatir la Esfera Celeste sobre un plano, utilizó la Proyección Estereográfica, posiblemente la única que se conocía entonces.

Esta proyección tiene una ventaja muy importante y es que es una proyección conforme, es decir que conserva los ángulos

Ademas de conservar los angulos, tiene también tiene otras ventajas:

Los círculos se mantienen como círculos y las rectas como rectas.

Todo eso unido a su sencillez, la hace ideal para proyectar un Astrolabio

Eso no quiere decir que la Proyección Estereográfica sea la mejor, porque tiene un enorme inconveniente y es que deforma las distancias.

En el estudio Geometrico del "Libro Primero del Astrolabio Llano", ampliaremos estos conceptos.

En realidad, la proyeccion estereográfica es una homotecia de factor 2 Una homotecia es una transformación afín que, a partir de un punto fijo, multiplica todas las distancias por un mismo factor.

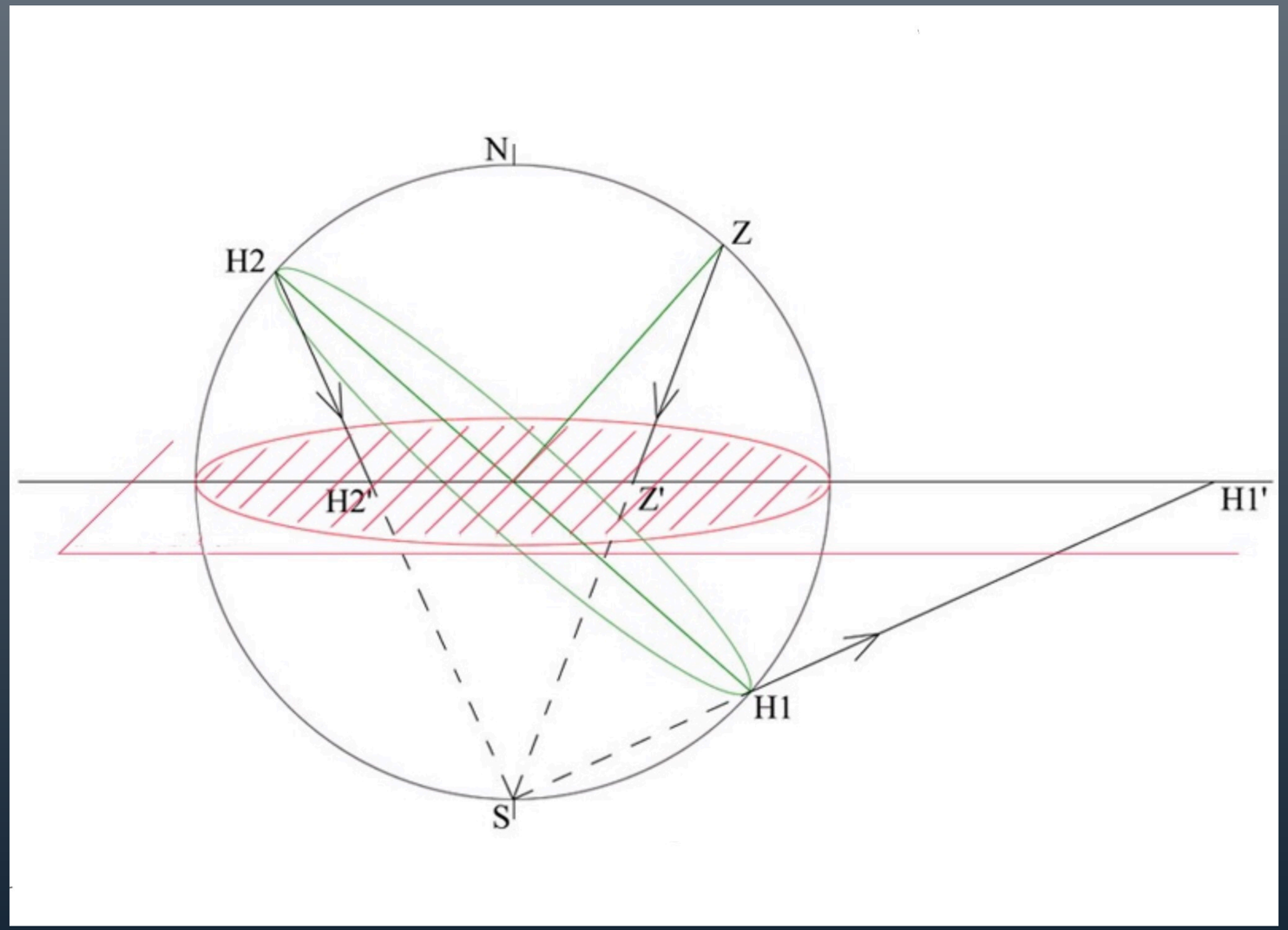
En general una homotecia de razón diferente de 1 tiene un único punto fijo, llamado centro de la transformación. La proyeccion estereográfica tiene un factor 2, por lo tanto, solo tiene un punto fijo, el punto de proyección.

Los Fundamentos Geométricos del Astrolabio Planisférico

La Proyección Estereográfica de la Esfera Celeste sobre el Plano del Ecuador.

Un astrolabio Planisférico contiene en sus círculos la proyección Estereográfica de la Esfera Celeste sobre el Plano del Ecuador, que está representado por la superficie plana del Astrolabio.

Se dice que la proyección estereográfica fue inventada por Hiparco (150 AC) que la utilizó para confeccionar su Atlas Celeste en el que estaban representadas 850 estrellas (Atlas hoy perdido, aunque según algunos conservado en el Atlas de Farnesio), La misma proyección, fue utilizada años mas tarde por Ptolomeo (100-150 DC). para diseñar un instrumento astronómico que él llamó "Planispherium" y que fue la base del Astrolabio Planisférico.



Un ejemplo de como se proyectaría la Bóveda Celeste sobre el Plano del Ecuador lo podemos ver en esta figura. Los puntos H1', H2' y Z', son las proyecciones respectivas de los puntos H1,H2 y Z.

Proteccion de una Esfera sobre su Plano Ecuatorial.

El llamado "Teorema del Ángulo Inscrito"

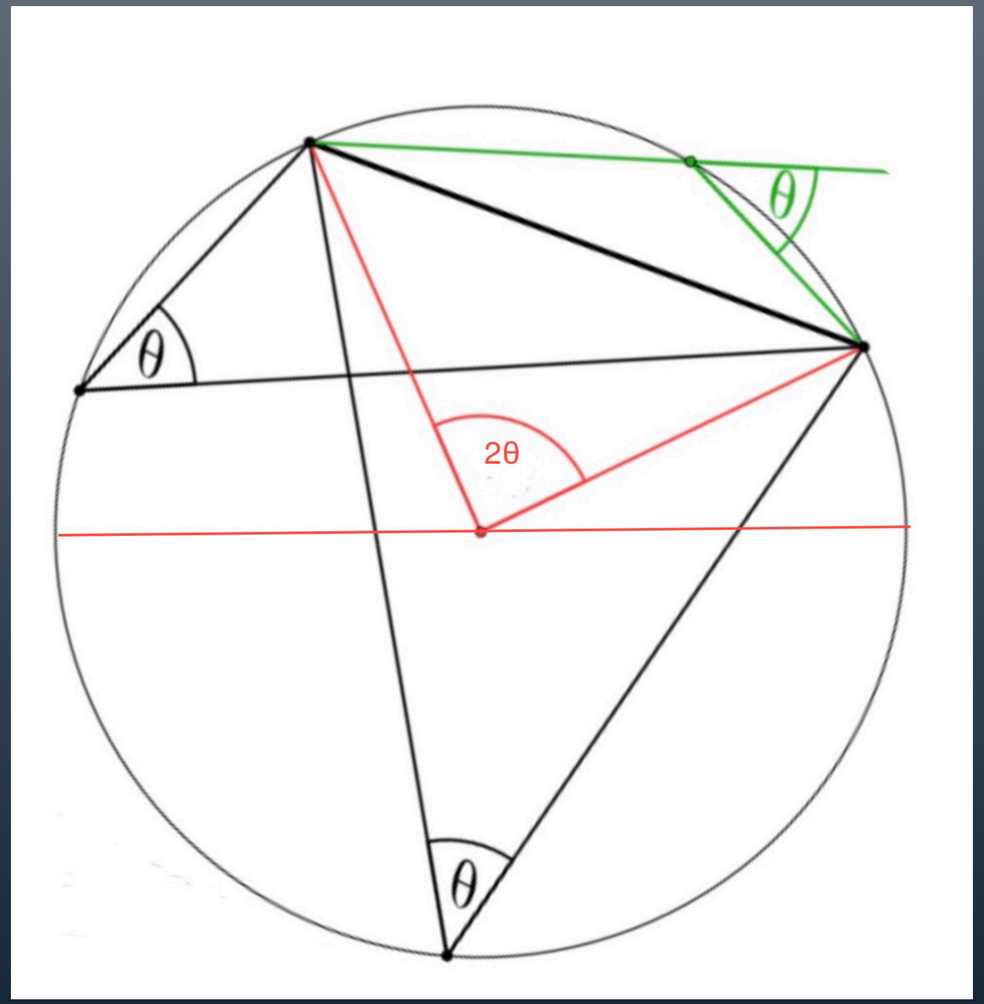
Todos los procedimientos gráficos utilizados para el trazado geometrico del Astrolabio, están basados en lo que hoy llaman algunos autores el **Teorema del Medio Ángulo**.

En realidad, llamar teorema a una propiedad de los ángulos inscritos en una circunferencia, suena un tanto pretencioso, ya que no es mas que una particularidad de los ángulos inscritos en una circunferencia, que jamás fue postulada como teorema. Fue descrita por Euclides en su "Elementa", aunque parece ser que que ya se conocía con anterioridad. Sin embargo, los textos en los que se mencionaba dicha propiedad hoy están perdidos y de ellos solo ha llegado hasta nosotros la recopilación que hizo Euclides.

Nosotros, para ser consistentes con la literatura existente sobre astrolabios, llamaremos a esta propiedad el **Teorema del Ángulo Inscrito**.

Su enunciado dice: **En toda circunferencia, cualquier ángulo inscrito (θ) cuyos extremos abarquen el mismo arco que abarca un ángulo central (2θ), tiene una abertura que es equivalente a la mitad del ángulo central.**

Basándose en esa propiedad que relaciona los angulos inscritos y centrales de una circunferencia, se puede proyectar sobre un plano por métodos gráficos cualquier punto del Circulo Maximo de la Circunferencia Auxiliar, siempre que se conozca el angulo central de ese punto con respecto al diametro vertical u horizontal del circulo auxiliar.
Ese angulo central, relacionado con un angulo inscrito. puede ser el correspondiente a la Latitud (φ) de un punto sobre la circunferencia de la Tierra, o el correspondiente la oblicuidad (ε) del Plano de la Ecliptica con respecto al Plano del Ecuador.



Representación gráfica del llamado **"Teorema del Ángulo Inscrito",** Aqui se ve, que el ángulo inscrito es la mitad del ángulo central

La Ecuación Fundamental del Astrolabio

De la propiedad de los **Ángulos Inscritos,** que son la mitad del **Angulo Central**, se puede deducir la llamada **Ecuación Fundamental del Astrolabio**, que permite el trazado del Astrolabio por métodos trigonométricos.

En la Figura, la Circunferencia Auxiliar (NMS), representa al Círculo Maximo de la Esfera Celeste, que queremos proyectar sobre el Plano del Ecuador, que está representado por la linea (O_M').

Cualquier punto (M) de la Esfera Celeste, con Latitud φ, se puede proyectar sobre el plano del Ecuador (O_M') y el punto proyectado será M', que estará situado a una distancia (r) del centro O.

Conociendo la distancia (r), de cualquier punto de la Esfera Celeste al centro del Astrolabio, podremos proyectarlo sobre (O_M); Si hacemos la distancia (r) = (O_M')

En la figura siguiente vemos que: $\tan\theta = O_M' / R$; Despejando : $O_M' = R \tan\theta$;

Por el **Teorema del Angulo Inscrito** sabemos que el ángulo θ es la mitad del ángulo central.

Si conocemos el angulo (φ) ,

El ángulo central será: (90° - φ); por lo que el ángulo θ = (90° - φ) / 2.

Sustituyendo el valor de θ en la ecuación: $O_M' = R \tan\theta$;

nos queda : O_M' = r = R tan ((90° - φ)/2); r =R tan ((90° −φ)/ 2) = R · (cos φ / (1 +sin φ))

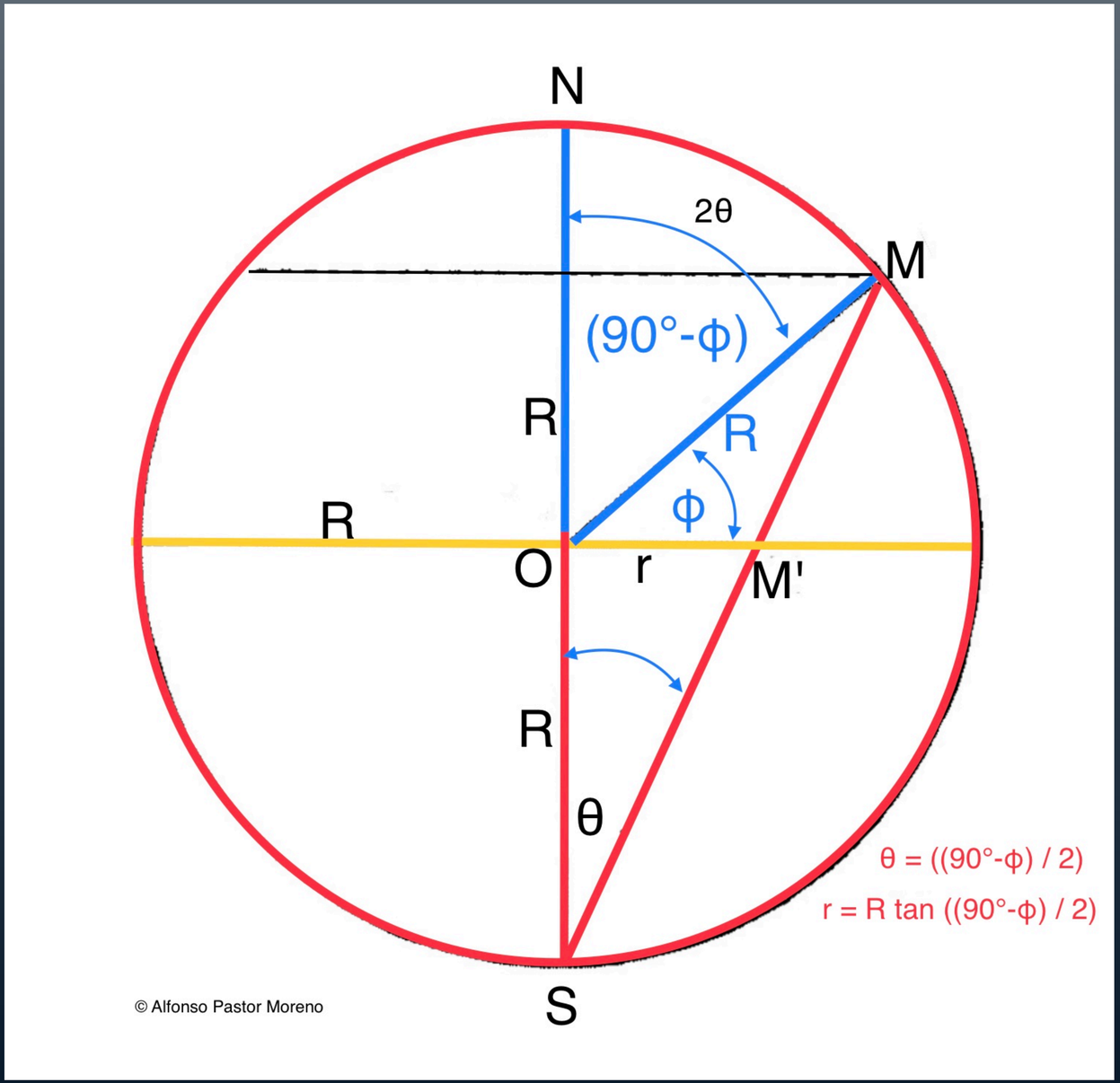
Que es la **Ecuación Fundamental del Astrolabio**

Ecuación Fundamental del Astrolabio

O_M' = r = R tan ((90° - φ)/2);

r =R tan ((90° −φ)/ 2) =

= R · (cos φ / (1 +sin φ))



El Astrolabio Planisférico

El trazado Geométrico del Astrolabio Planisférico

El trazado de las líneas de los Astrolabios.
Es indudable, que para trazar las lineas de los astrolabios antiguos, se necesitaron unas excelentes habilidades para el dibujo geométrico.

Hoy en día, ese pueden trazar astrolabios bastante precisos por medio de programas de CAD/CAM, o también por medio de programas específicos para el trazado de Astrolabios, como el "Shadows Pro".
Incluso existen aplicaciones desarrolladas sobre la plataforma gratuita Geogebra, con las que se pueden obtener excelentes resultados. Eso complementado con la finura de trazo que se puede hoy conseguir con grabadoras LASER, dejaría totalmente fuera de lugar cualquier intento de trazado manual.

No obstante, el intentar reproducir hoy manualmente el trazado de las lineas que configuran un Astrolabio utilizando unicamente los métodos que utilizaron los antiguos astrolabistas, es un desafío que algunos no hemos querido dejar nunca de plantearnos.

La verdad es que nunca se podrá entender bien cualquier Astrolabio, hasta uno se haya uno planteado la cuestión de como ha sido trazado y se haya representado, sobre papel o mentalmente todas las lineas auxiliares que fueron necesarias para trazarlo correctamente.

Entonces es cuando se da uno cuenta de las enormes dificultades que se tuvieron que superar para conseguir una de esas maravillas que hoy se guardan en los museos.
A parte de una gran pericia, se necesitaba una grandísima concentración y tenacidad para ir trazando linea tras linea, las miles, entre las lineas definitivas y las auxiliares, que se necesitaron para trazar un astrolabio completo.

Los antiguos astrolabistas, siempre prefirieron trazar sus Astrolabios exclusivamente por procedimientos geométricos, utilizando como únicas herramientas la regla (sin graduar) y el compas.

Aunque algunos de los procedimiento trigonométricos que hoy tenemos a nuestra disposición les eran ya conocidos, el plasmar sobre un dibujo, solo a base de regla y compas, las medidas obtenidas a base de cálculos era algo muy difícil de realizar con la precisión necesaria para un Astrolabio.

Hay que tener en cuenta, que los nonius y los tornillos micrométricos son inventos ya muy tardíos, casi de la época del declive de los Astrolabios y la escala de diagonales, no comenzó a popularizarse en los instrumentos hasta la publicación de "Astronomiae Instauratae Progymnasmata" de Tycho Brahe que se publicó entre 1602/1603.
Es por ello, que los métodos de trazado geométrico fueran siempre preferidos antes que los de trazado a base de resultados obtenidos por cálculos trigonométricos o por tablas.
Incluso para el trazado de los ángulos, se prefería siempre su división geométrica a base de compás, por medio de bisecciones o incluso trisecciones si el ángulo era trisectable, antes que el uso de transportadores de ángulos, que siempre podían arrastrar errores.

En la literatura antigua se describen varios métodos para trazar las lineas de los Astrolabios por métodos geométricos. Algunos de ellos, muy puros y primitivos, pero no por ello menos eficaces, como los descritos en los diferentes "Libros de los Astrolabios" incluidos en los "Libros del Saber de Astrología" del Rey Alfonso X de Castilla. Otros, mas sofisticados y con ayuda de herramientas especializadas, como el Dastour o los Círculos utilizados por Johannes Stöffler y por Georg Hartmann. Métodos que están justificados cuando se tienen que hacer varios Astrolabios en serie, pero que restan elegancia y simpleza comparados con los sencillos métodos con los que fueron trazados muchos de los astrolabios mas antiguos que hoy conocemos.

En este trabajo, a parte de los métodos clásicos, con toda su simplicidad de uso, no vamos por ello a desdeñar otras ingeniosas herramientas de las que se valieron algunos excelentes astrolabistas, que se salieron de lo clásico.

Con respecto al trazado por métodos geométricos, hay que puntualizar lo siguiente: No existen métodos mas "correctos" o menos "correctos". Cualquier método gráfico que produzca resultados precisos es correcto.

Las únicas diferencias significativas sobre la conveniencia de uno u otro método de trazado gráfico estriba en la cantidad de lineas auxiliares son necesarias para obtener un resultado concreto.

Cuantas menos lineas auxiliares se necesiten trazar, mas fácil de aplicar será el método y estará menos sujeto a errores.

En realidad, para el trazado geométrico, se recurria siempre a construcciones geometricas muy simples, y casi todas vienen y están demostradas en los libros de Geometría de Euclides.

De esos métodos simples, cada astrolabista tenía sus pequeñas variantes. En algunas de esas variantes se puede ver la evolución que ha sido debida a las manos por las que ha pasado.

Un ejemplo concreto es la forma de dividir en partes iguales un segmento rectilineo. En las construcciones de algunos astrolabistas antiguos prevalece el metodo que aparece en el "Elementa" de Euclides, mientras que otros astrolabistas mas tardíos, utilizan el metodo que propuso Al_Biruni, que es mucho mas ingenioso.

Trazado Geométrico con Herramientas Especializadas.

En los antiguos manuscritos con la descripción de procedimientos para trazar las lineas de Astrolabios Planisfericos, las únicas herramientas que se utilizan son la regla y el compas.

Sin embargo, cuando la construcción de Astrolabios se fue industrializando hasta convertirse en un oficio, en el que participaban incluso varios miembros de una misma familia, los astrolabistas desarrollaron herramientas especializadas para el facilitar el trazado. Esas herramientas, no introdujeron una mayor precisión en los trazados, si no que lo que se conseguía con ellas era la industrialización del proceso geométrico necesario para el trazado, que se ponía de este modo al alcance de personal con menos cualificación de la que se requería para trazar un Astrolabio únicamente a base de regla y compas.

En realidad, todas esas nuevas herramientas, se desarrollaron para facilitar el trazado de los ángulos basándose en el principio de que el ángulo inscrito en una circunferencia, es la mitad del ángulo central que abarque el mismo arco que el inscrito. Estas herramientas son especialmente útiles cuando los parámetros para trazar un Astrolabio se obtienen por medio de cálculos o por medio de tablas.

El Transportador de Angulos llamado Dastour

Una de las primeras herramientas que se desarrollaron con el fin de agilizar el trazado de las lineas de los Astrolabios fue el Dastour. Es un transportador de ángulos especializado.
El Dastour se cree que es de origen persa, ya que comenzó a citarse en los manuscritos de esa procedencia.

El Dastour está dividido de manera que con él se puedan reducir los cálculos requeridos para trazar los círculos, ya que sus graduaciones indican la mitad del ángulo que abarcan,

El Dastour se solía grabar sobre una placa de latón plana y pulida, que tenía tenía aproximadamente unos 25 cm de largo y unos 15 cm de ancho. Debian de estar trazados con extremo cuidado y precisión, ya que la precisión de los elementos del Astrolabio, dependía de la precisión con la que se hubiera trazado el Dastour.

La escala lineal del Dastour generalmente, tenía divisiones por cada medio grado, y los valores de apertura de los ángulos estaban indicados con el doble de su valor de apertura real.

Para usarlo, se alineaba el origen de la escala del Dastour con la intersección de Poniente del diámetro horizontal del Astrolabio, con alguno de los círculos, bien de los Trópicos o bien del Ecuador y desde ese punto se trazaba el ángulo deseado, con ayuda de la escala.

El Dastour es la aplicación de la Ecuación Fundamental del Astrolabio : **r = R tan ((90-δ) / 2)**

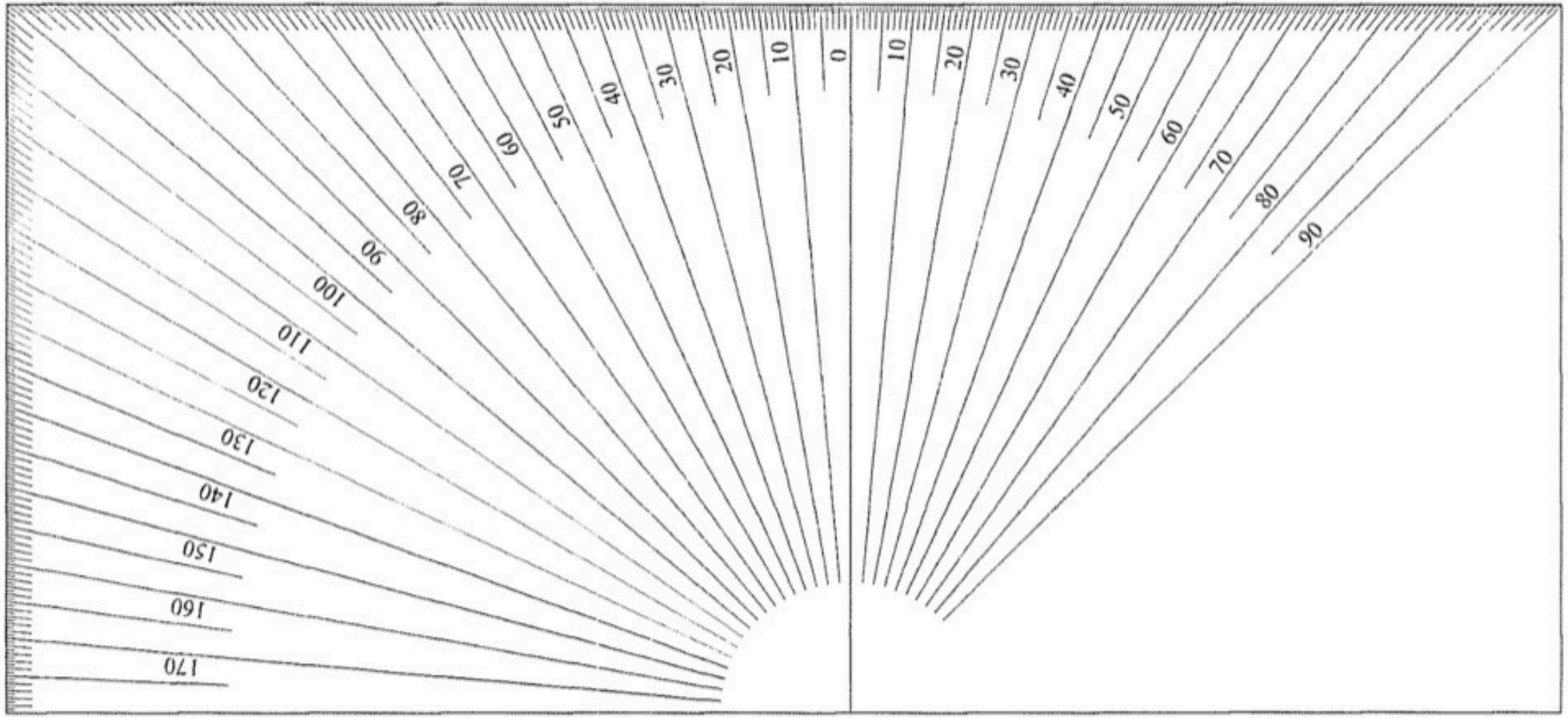
Los ángulos del Dastour se indican con un valor del doble de su valor real del que se traza desde el origen de la escala. Es decir, el Dastour convierte el valos de los angulos inscritos a su equivalente en ángulo central.
En las dos imagenes anteriores, se puede ver como se aplica este principio al trazado de los Círculos del Ecuador y de los Trópicos y del Circulo del Horizonte.

Si observamos el procedimiento normal de trazado de esos circulos con regla y compas, tal como se explica en la Parte 2ª de este trabajo, veremos la gran ventaja que aporta el Dastour para el trazado de esos mismos circulos.

Cuando el Dastour está situado en el punto de intersección de alguno de los circulos con el meridiano, tal como se muestra en las imagenes siguientes, si trazamos desde el punto de origen de la escala del Dastour una linea con un angulo con el valor indicado en su escala, la distancia desde el punto central del Timpano del Astrolabio hasta la interseccion de la linea trazada desde el origen del Dastour, con el diametro que representa al Meridiano, es:
Distancia = R tan (90 - a) / 2.

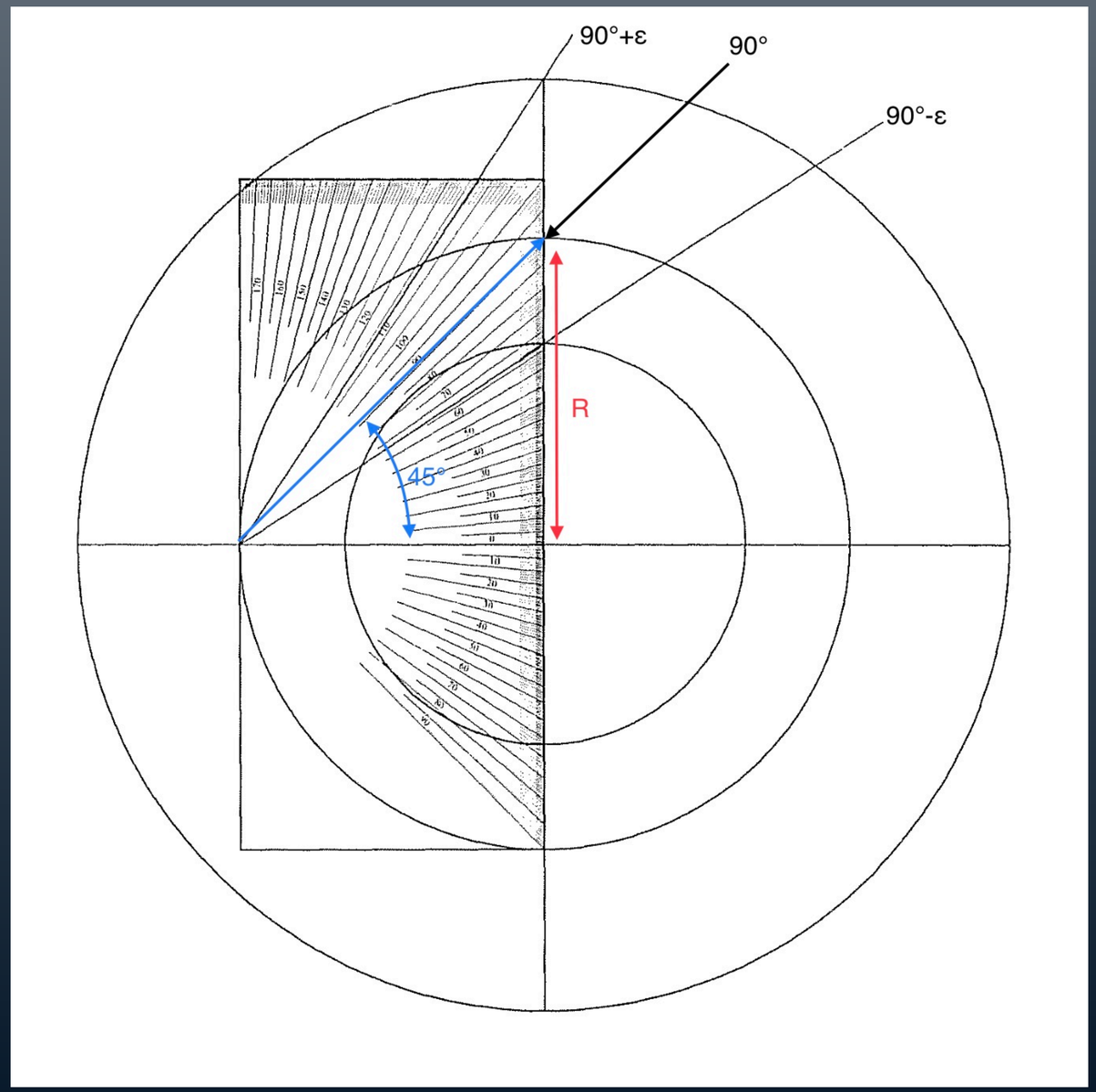
Cuando se desean trazar los circulos de los Tropicos, se define R como el radio del ecuador Req y a partir de él se calculan los radios de los Circulos de Cáncer y Capricornio.
Para ello, se toma el valor de ε = 23° 26', lo cual implica para los Tropicos una Latitud de (90-ε), de aproximadamente de +66.5° para el Circulo del Tropico de Capricornio y de -66,5° para el Circulo del Tropico de Cancer.
.
Para definir la intersección superior del Trópico de Capricornio, (90+ε) se usa el Dastour y en lugar de (90+ε) = +66,5° se lee ((90°-ε) x 2) = 113.5°. Como los ángulos en el Dastour están etiquetados con el doble de su valor real, ese valor se puede leer directamente en la escala del Dastour. De manera similar, el Trópico de Cancer se ubica trazando una línea por el del ángulo del Dastour que equivale a ((90 - ε) x2), que es aproximadamente de 77°.

Para localizar el centro del Circulo del Horizonte, se utiliza el triángulo formado por el centro del Dastour, el centro (o) del Ecuador, y el angulo en el Dastour equivalente a (90°-φ). Como hemos dicho que los valores que indica el Dastour son el doble de los reales, leeremos ((90-φ) x2), El ángulo del radio del horizonte con el horizonte derecho es (90-φ). Por lo tanto, en el Dastour, trazaremos el ángulo ((90-φ)x2)y en el punto donde la línea trazada intersecte con el Meridiano estará el centro del Circulo del Horizonte, cuyo radio (RHor) será la distancia del Centro del Horizonte, hasta los puntos del Oeste o del Este del Circulo del Ecuador. La distancia ente el Centro del Ecuador (o) y el centro del Circulo del Hrizonte será igual a: (o_CHor) = R tan ((90-φ)x2)

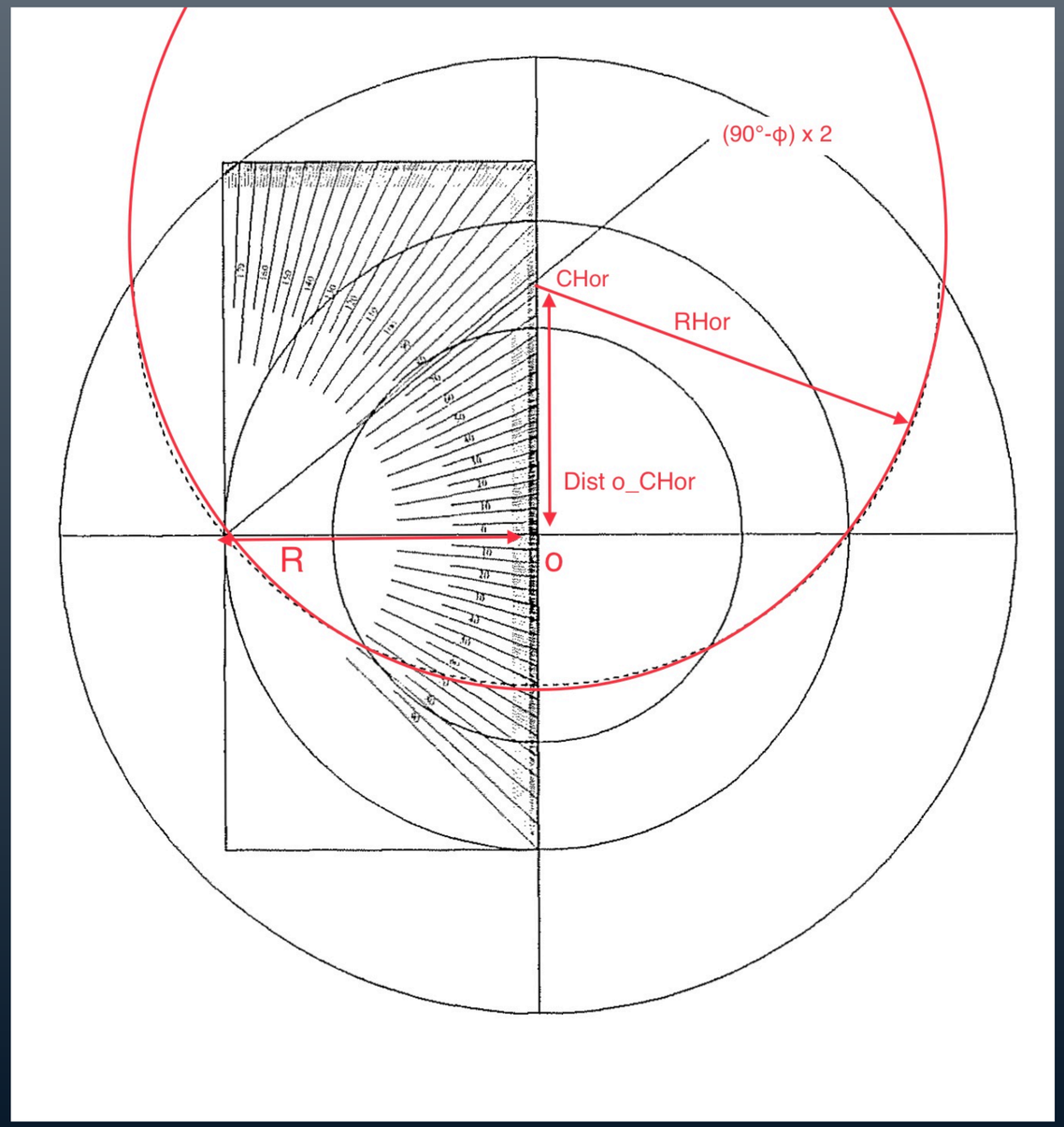


El Transportador de Ángulos llamado Dastour

Trazado del Ecuador y los Trópicos con el Dastour



Trazado del Horizonte con el Dastour



El Circulo Auxiliar utilizado por Stöffler y Hartmann

Posteriormente a la aparición del libro de Ioann Stoflerino (Johannes Stöffler), el "Elucidatio Fabricae ususque Astrolabii" editado por primera vez en 1513, Georgius Hartmann (1489-1564), un famoso astrolabista afincado en Nüremberg, de cuyas manos salieron esmerados astrolabios que son verdaderas joyas que se conservan en distintos museos del Mundo, redactó entre 1527 a 1528, varios manuscritos con el nombre d"Collectanea mathematica praeprimis gnomonicam spectantia" , (manuscrito no publicado de la Österreichische Nationalbibliothek. Codex Vindobonensis Palatinus 12768).

No parece que Hartmann, cuando redactó este manuscrito, lo hiciera con la intención de publicarlo, sino mas bien, como hacemos los viejos, como una recopilación de procedimientos para que no se le olviden a uno con el paso de los años. Tal como hacemos cuando apuntamos la receta de cocina de un guiso que algún día queremos volver a cocinar.

El caso es que al final de su manuscrito, todo muy ordenado y pulcro, Hartmann habla sobre el trazado de los Astrolabios y su método de trazado no es ni mas ni menos que el mismo que Stöffler había publicado en 1513 en su "Elucidatio Fabricae ususque Astrolabii".

El trazado con este método se realiza con la ayuda de un circulo auxiliar, un transportador de ángulos circular, dividido en 4 cuadrantes que están graduados de 0° a 90° cada uno.

(Véase J. Lamprey, John, "Hartmann's Practika". Bellvue, CO, 2002)
O véase directamente al manuscrito de Hartmann en la Österreichische Nationalbibliothek.

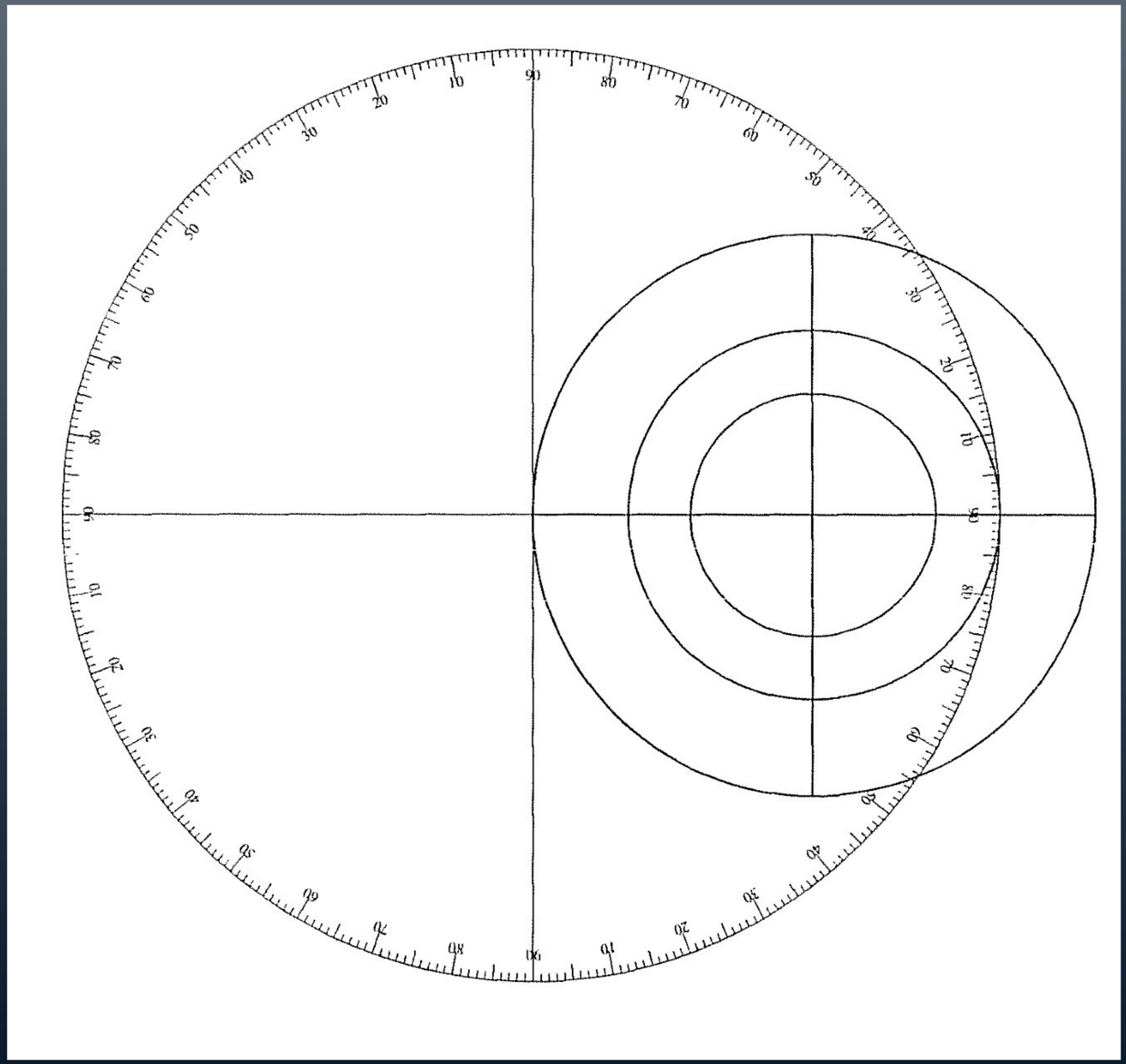
El método de Stöffler representa un enfoque distinto al de los autores anteriores a él, que utilizaban el método tradicional que es el que se expone en el manuscrito de Alfonso X.

El utilizar el círculo graduado auxiliar para trazar el Horizonte y los Almicantarats, reduce considerablemente el número de líneas auxiliares que deben trazarse y luego borrarse.

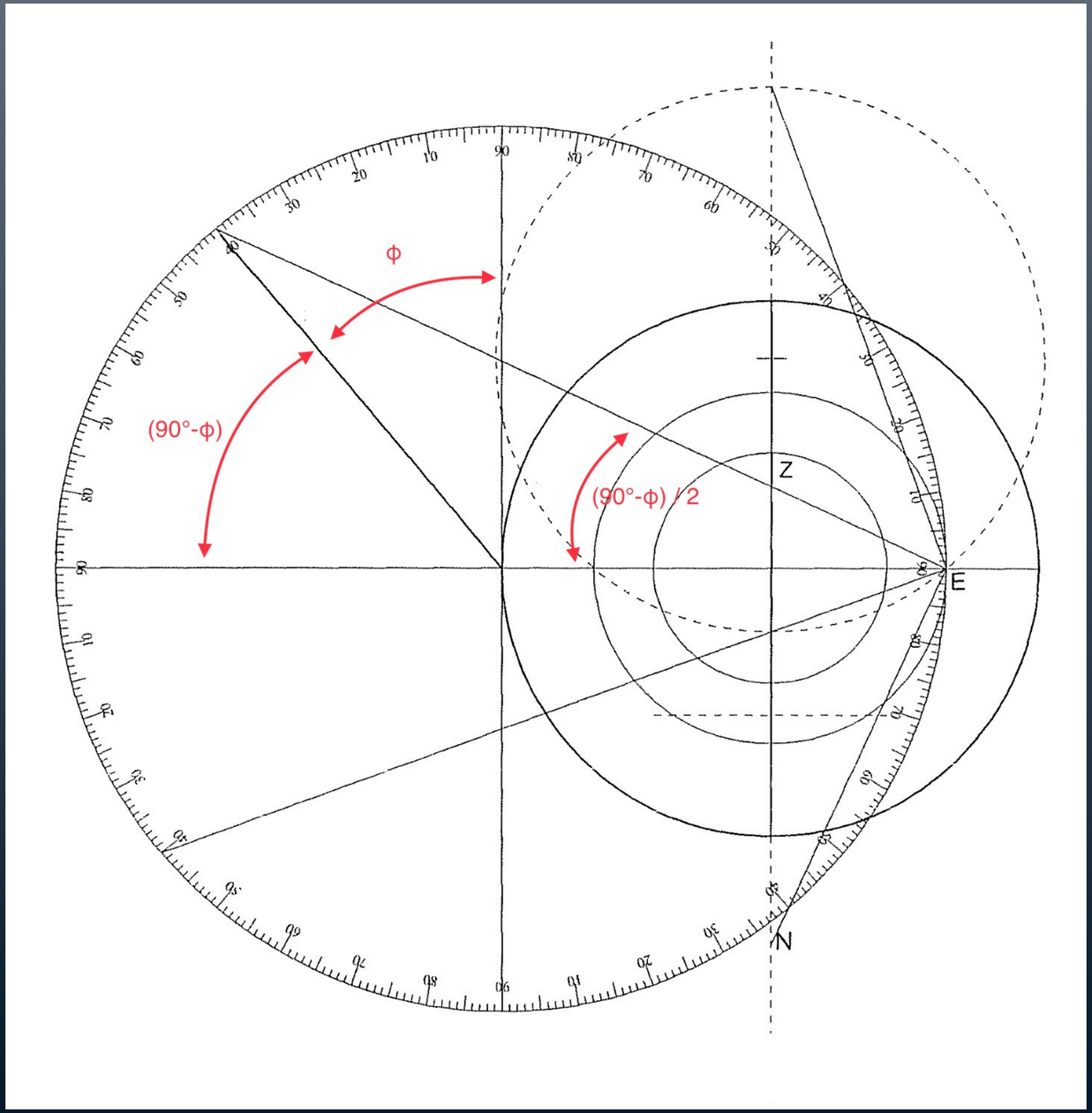
Este método es bastante eficiente si se utiliza para trazar muchos Astrolabios en serie, pero para solo uno o dos Astrolabios, significa mas trabajo el trazar y dividir el circulo auxiliar de lo que cuesta trazar directamente uno o dos Astrolabios.

Como Hartmann fue un productor de Astrolabios muy prolífico, el utilizar este método debió de ahorrarle mucho trabajo.

En la Figura siguiente podemos ver que el radio del Circulo Auxiliar de Stöffler es la suma del radio del Ecuador mas el radio del Circulo del Trópico de Capricornio.



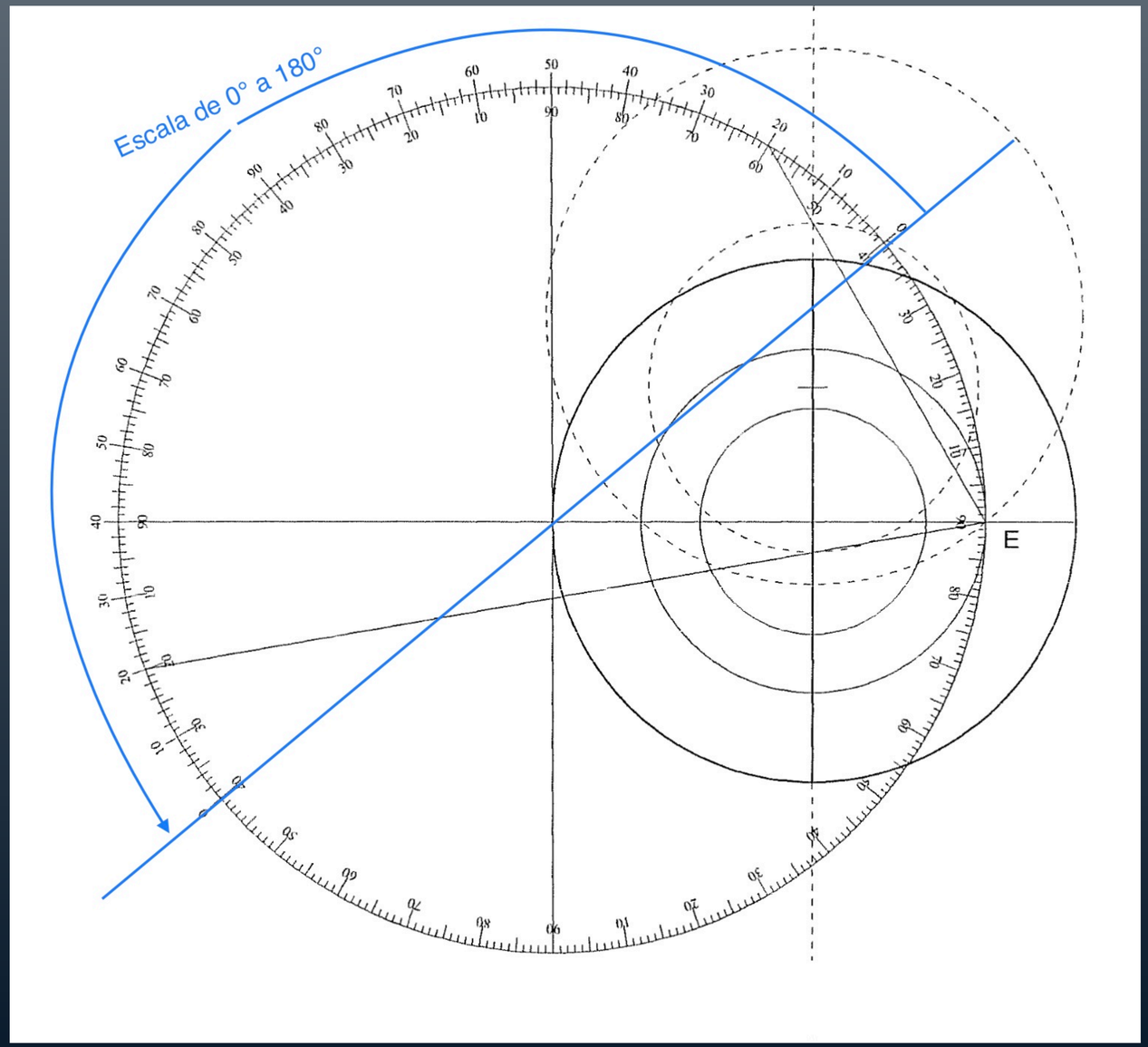
El Circulo Auxiliar de Stöffler y Hartmann
Hoy sería posible realizar un transportador del estilo del de Stöffler valido para todas las latitudes utilizando un material transparente. El círculo base se podría trazar sobre una lamina de plástico transparente, y para trazar los Almicantarats, se podría hacer una escala secundaria giratoria que de algún modo se pudiera fijar en la latitud correspondiente deseada. (Véase figura de la construcción de los Almicantarats).



Construcción del Horizonte, el Zenit y el Nadir, con el Circulo Auxiliar de Stöffler

(para φ = 40 ° de latitud)
Esta construcción está basada el que el ángulo inscrito es la mitad del ángulo central.
El ángulo φ de la latitud, define un triángulo rectángulo con un ángulo (90 - φ) / 2.

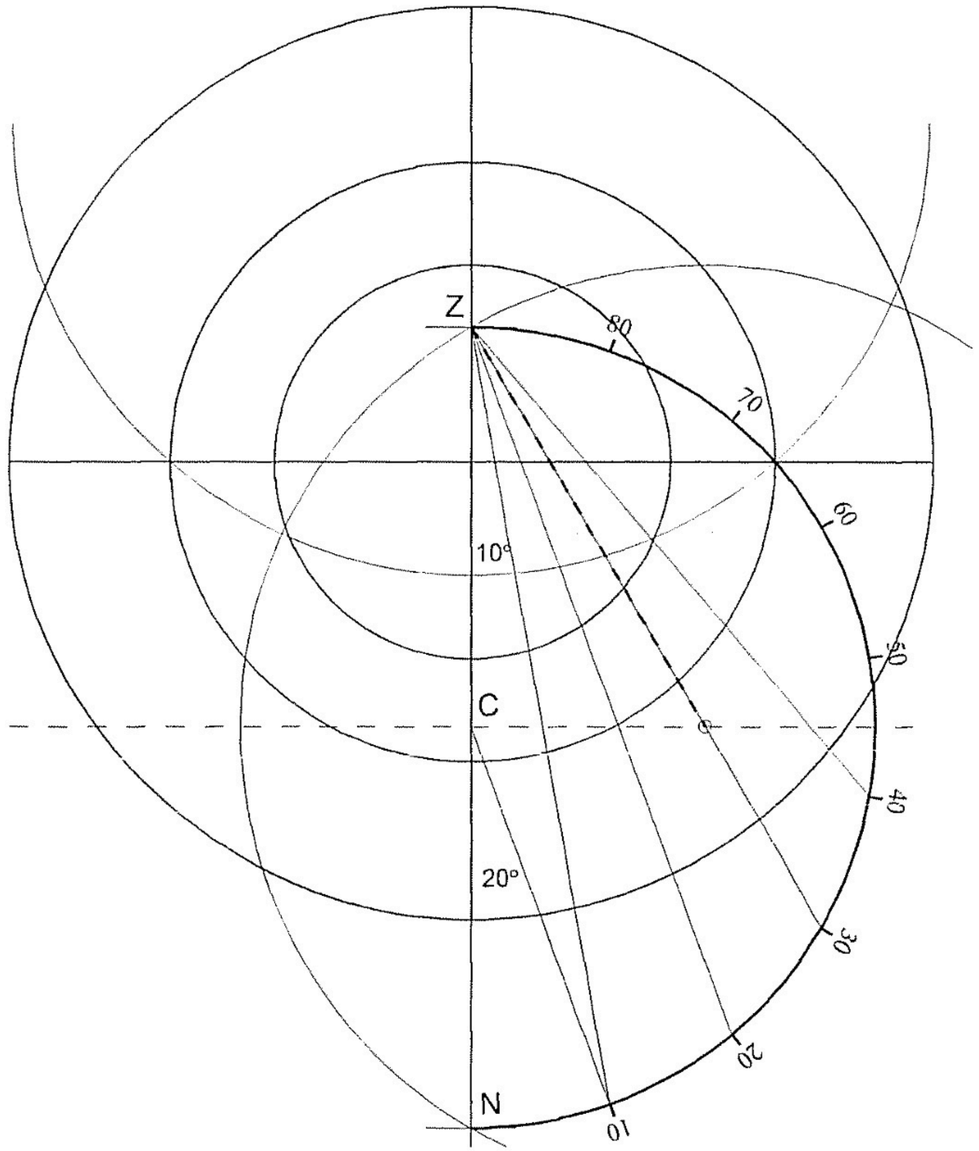
La distancia desde el centro del Ecuador al Zenit es Req tan ((90 - φ) / 2).



Construcción del Almicantarat de 20° con el Circulo Auxiliar de Stöffler y Hartmann
(para φ = 40 ° de latitud)

El trazado de los Almicantarats requiere una escala adicional para cada Latitud, en el Círculo Auxiliar. La escala comienza en el ángulo de latitud cerca de E y se extiende 180°, terminando en la misma latitud en el lado opuesto.. Los Almicantarats se trazan entonces en el intervalo deseado.Aquí se ve un ejemplo para una latitud φ = 40 ° con un Almicantarat cada 20°. Se pueden trazar divisiones más finas o más gruesas en la escala secundaria dependiendo de la resolución deseada.

Para trazar un Almicantarat, simplemente se trazan dos líneas desde E hasta la latitud deseada en la escala secundaria (20 ° en la figura). La intersección con el Meridiano de las líneas trazadas, definen las intersecciones superior e inferior del círculo del Almicantarat. El centro de su circulo del Almicantarat está en el punto medio entre esos dos puntos.



Construcción de los Círculos de Azimut con ayda de la la Escala de Centros de Stöffler y Hartmann

Stöffler, también utilizó una escala para encontrar los centros de los Circulos de Azimut,
como la que se muestra en esta figura.
Esta escala es un semicírculo trazado sobre la línea de centros con centro (C) en el meridiano y abarcando desde el cenit (Z) hasta el nadir (N).

La escala se basa en el principio de que el angulo inscrito es la mitad del angulo central, para localizar los centros de los Circulos de Azimut y se traza con tantas divisiones como se deseen para la separación entre los Azimuts. (10 grados en la figura).

Los ángulos medidos en la escala de centro (C), son dos veces el valor indicado en la escala circular.

Nota sobre la construcción de los Almicantarats y de los Círculos de Azimut en el "Elucidatio Fabricae ususque Astrolabii" de Stöffler.

Stöfler, en los capitulos iniciales de su "Elucidatio Fabricae ususque Astrolabii", sigue al pie de la letra las instrucciones del "Libro Primero del Astrolabio Llano", incluso utiliza las mismas figuras del manuscrito, un poco mas elaboradas, pero al fin y al cabo las mismas.

este capitulo se aparta de los métodos de trazado de los Círculos de los Almicantarats y los Circulos de Azimut, que se utilizan en el manuscrito de Alfonso X de Castilla, por otra parte son herencia de los métodos de Al_Farghani. Stöeffler desarrolla aquí lo que pueden llamarse métodos propios.

Métodos que aparecen también en el manuscrito "Collectanea mathematica praeprimis gnomonicam spectantia" de Georgius Hartmann, (manuscrito no publicado de la Österreichische Nationalbibliothek. Codex Vindobonensis Palatinus 12768), escrito en aleman y en latin, fechado en 1527, por lo tanto posterior al "Elucidatio" de Stöffler

Una traducción hecha al ingles y comentada, de este manuscrito fue publicada por John Lamprey bajo el titulo de "Hartmann Practica".

En este caso, Stöffler, para el trazado de los Círculos de los Almicantarats y de los Azimuts utiliza unas plantillas especificas, que facilitan mucho el trazado, porque evitan tener que utilizar un sinfín de circunferencias auxiliares, que luego deberían ser borradas.

Mas adelante en este trabajo, en el apartado de "Métodos especiales de trazado" explico con detalle cuales son esas herramientas..

Recomendaciones para el trazado de Los Círculos del Astrolabio Plano.

Para el trazado de las lineas delos astrolabios, se pueden utilizar métodos analíticos y métodos gráficos.
Los métodos analíticos se utilizan para calcular la posición de los centros de los círculos del Ecuador y de los Trópicos del astrolabio en relación con el diámetro externo que se desee darle al Astrolabio y para determinar los centros y los radios de los demás círculos a trazar.

En realidad, tanto los métodos gráficos como los trigonométricos son relativamente sencillos, ya que aunque los astrolabios son proyecciones de la Esfera Celeste, esta se proyecta sobre un plano, por lo que las construcciones geométricas se obtienen únicamente por medio de la Geometría plana y no es necesaria la aplicación de la trigonometría esférica.

Con los métodos trigonométricos los resultados obtenidos sirven fundamentalmente para establecer las coordenadas de los puntos a trazar o para elaborar tablas con los datos necesarios para trazar los círculos que componen los astrolabios.

Los métodos analíticos se utilizan ademas para obtener los algoritmos que permiten programar hojas de cálculo o computadoras y para poder introducir las formulas en las calculadoras, incluso como entrada para aplicaciones que tracen las partes gráficas y las escalas de los astrolabios. También son muy útiles para verificar los puntos que se obtienen por trazado con los métodos geométricos.

Es muy difícil transferir con precisión, a las laminas de los astrolabios, los valores obtenidos trigonométricamente si se utilizan únicamente instrumentos de dibujo corrientes, como reglas graduadas, transportadores de ángulos y compases, que es lo único que utilizaron los antiguos astrolabistas. El desarrollo de instrumentos para trazar con mayor precisión, como los aparatos basados en el tornillo sin fin, o en el nonius, son muy posteriores a la época de la fabricación de la mayoría de los astrolabios existentes.

A este respecto, cabe destacar un Astrolabío ya muy tardío que fue diseñado por el abate Meirieu, Obispo de Digne les Bains.

Esta basado en las antiguas técnicas, pero fue realizado con instrumentos de muy alta precisión. El "astrogoniometro", como llamó su inventor a este instrumento, fue construido en Paris en 1865 por el constructor de instrumentos científicos Detouche. Hoy se guarda en el Museo de Digne les Bains.

Es mas que probable y casi con una total certeza que los antiguos astrolabios se trazaran únicamente con métodos geométricos, utilizando solo reglas y compases, ya que aunque desde Hiparco se conocían y se utilizaban las tablas de las cuerdas de los ángulos inscritos en una circunferencia, el calculo basado en las funciones trigonométricas fue un invento muy posterior.

Incluso en el Renacimiento, para el trazado de los astrolabios, siguieron utilizándose con toda seguridad, métodos geométricos, tal y como lo atestiguan los escritos de los astrolabistas de esa epoca que han llegado hasta nosotros, como el tratado de Stöffler o el de Hartmann.

Probablemente, el trazado con métodos trigonométricos fue muy similar a los presentamos aquí, con la salvedad de que las únicas tablas "trigonométricas" que tuvieron disponibles durante varios siglos fueron las tablas de los arcos y cuerdas, desarrolladas por Hiparco y que nos fueron transmitidas por Ptolomeo. Los métodos trigonométricos se utilizaron sobre todo para calcular las tablas en las que se basaron algunos de los antiguos constructores de astrolabios. Sin embargo, estos métodos no estaban al alcance de cualquiera. Por lo que lo mas seguro es que los antiguos astrolabistas, para comprobar el trazado de sus astrolabios, utilizaran las tablas calculadas por matemáticos, como las famosas tablas Alfonsies o las de Regiomontanus, pero los astrolabistas utilizarón métodos geométricos, algunos tradicionales y otros desarrollados por ellos mismos.

El trazado geométrico se realizaba o bien directamente sobre la placa, en donde trazaban todas las lineas, usando compases, reglas y algún tipo de transportador de ángulos, si bien, para dividir las escalas, se prefería dividir los arcos de los círculos por medio de sucesivas bisecciones y trisecciones, estas ultimas, si el ángulo era trisectable, aunque la mayoría de las veces, las divisiones de ángulos se realizaban por metodos de prueba y error.

Los arcos que se obtenían de ese modo podían llegar a ser muy precisos y los astrolabios que fueron obtenidos con estas técnicas se presentan unos desvíos mínimos sobre los datos obtenidos actualmente por cálculos trigonométricos. (Vease Chapman).

Utilizando los métodos geométricos, las lineas auxiliares de construcción debían despues borrarse de la placa final, una vez que con ayuda de estas habían sido trazadas las lineas principales.

El borrar las lineas auxiliares, no es difícil, si se utilizan herramientas de punta muy afilada y que permítan trazos muy finos y grabando aplicando solo una ligera presión al trazar las lineas que después deban borrarse .

Los pasos intermedios necesarios en las construcciones gráficas, se supone que ya se conocen de antemano al ser construcciones básicas del dibujo geométrico,, como son la división de una línea o el trazado de una perpendicular.

Para aquellos para los que estos métodos estén algo olvidados, en paginas anteriores se muestran algunas construcciones básicas, que son esencialmente las que fueron utilizadas por la mayoría de los astrolabistas, entre ellos Stöffler. como lo demuestra una nota marginal que aparece en la edición de 1513 del tratado de Stöffler.

Preparación previa de la Lámina del Astrolabio

Todas las superficies del Astrolabio donde debamos efectuar algún trazado deben estar convenientemente preparadas. Deben de estar completamente lisas y pulidas antes de comenzar cualquier trazado sobre ellas.

La primera operación a hacer es cortar y redondearse el perímetro de las piezas al tamaño exacto.
Los Tímpanos deben caber perfectamente en la madre o "Mater" del astrolabio y debe de preverse el sitio para un diente o un saliente que mantenga el tímpano sujeto la madre para evitar que gire cuando se haga girar la Rete.
La Rete o araña, también debe cortarse y pulirse antes de comenzar a grabarla. En pocas palabras, el Astrolabio incluidos todos sus componentes, debe de estar perfectamente acabado antes de comenzar a grabarlo.

Algunos de los astrolabios que han llegado hasta nosotros estaban sin grabar, incluso en algunos el grabado estaba incompleto. Señal evidente, de que se grababan una vez terminados.

Otro asunto muy a tener en cuenta es que el grabar directamente sobre las partes pulidas del Astrolabio no es nada recomendable, puesto que el grabar directamente el latón con un buril es una ardua tarea y cualquier pequeño error puede destruir una gran obra.

Para evitar el estropear las superficies por culpa de un fallo del pulso al grabar, es muy recomendable, que en vez de grabar directamente sobre ellas, se cubran estas previamente con una capa muy fina de laca o de cualquier otro material fácil de rayar y que después se pueda quitar con facilidad disolviendolo. La laca por ejemplo, es muy fácilmente soluble en alcohol.

Posiblemente, el material que utilizaron los antiguos astrolabistas para rayar sin estropear la superficie de latón pulida fuera el Betún de Judea, algo que tenían a su alcance y que después se podía eliminar con facilidad disolviéndolo con esencia de trementina. Substancia que también tenían a su alcance.

El Betún de Judea todavia se usa hoy en dia en el arte de trabajar el metal, y por lo tanto es algo que tambien hoy se puede utilizar.

El ataque químico de los componentes del Astrolabio una vez grabado, se realiza para reforzar los trazos, realizados sobre él. Puede hacerse muy rápidamente utilizando ácidos tales como el Nítrico o el Clorhídrico, pero ambos producen grabados muy profundos en un tiempo muy corto algo que se hace muy difícil de controlar, a parte de suponer un riesgo de quemaduras graves o de estropear irremisiblemente todos los útiles o herramientas que hayan entrado en contacto con ellos.

Como no creo que nadie de los que lean este trabajo, pretenda hacer una producción en serie de astrolabios y puedan disponer de mas horas para el ataque químico, que si lo tienen que hacer en serie, mi recomendación sería la de utilizar Cloruro Férrico, que aunque es mas lento produciendo el ataque, permite controlar mejor el proceso.

Después de que el ataque químico haya producido los efectos deseados, hay que lavarlo inmediatamente con mucha agua y cepillar bien los restos introducidos en los surcos con un cepillo suave para que no quede nada de él. Si no se hace así el ataque químico continuará y producirá efectos no deseados. Hay quien después del ataque químico, utiliza substancias neutralizantes, tal como el bicarbonato sódico.

Una vez eliminado todo el atacante químico y que hayamos comprobado que todo está a nuestro gusto, puede procederse a disolver el Betún de Judea o el material de revestimiento que hayamos utilizado.

Esta operación, debe de dejarse para el final, porque a veces una atenta revisión nos hace descubrir zonas que no han sido suficientemente atacadas y si no hemos eliminado todavía el revestimiento, se puede volver a colocarse encima de ellas con un cuentagotas el atacante químico y reforzar así los trazos.

Hay que decir, que el aplicar correctamente la laca o el Betún de Judea para revestir correctamente una lamina antes de grabarla es todo un arte que requiere un cierto grado de destreza. Lo primero es que la capa depositada tiene que ser totalmente uniforme y tener el mismo espesor en todas partes. La capa aplicada no debe de ser muy gruesa, porque si no se resquebraja al grabarla y el trazo es muy burdo. Si la capa es demasiado fina, se corre el peligro de rayar demasiado el material de la base. En ambos casos, el grabado hecho con un punzón, deberá de reforzarse atacando la superficie químicamente. Si la película aplicada es muy fina, se corre el peligro de que el ataque químico se produzca en zonas no deseadas. Por otra parte, si la película aplicada es demasiado gruesa y se ha resquebrajado al grabarla, el ataque químico puede producir trazos demasiado burdos.

Una vez aplicada con éxito la película protectora de laca o de Betún de Judea, esta debe de dejarse secar durante varias horas para que alcance suficiente consistencia y no esté blanda cuando se intente rayarla.

A finales del Siglo XIX y principios del Siglo XX, aprovechando las nacientes técnicas de galvanoplastia, desarrolladas unas décadas antes, se reprodujeron con gran fidelidad algunos de los astrolabios que se guardaban en los museos, muchos de ellos, se muestran hoy en vez de los originales que son celosamente custodiados.

Hoy se han utilizado con gran ventaja para ese fin, grabadoras láser que permiten obtener trazos muy finos directamente sobre el metal y que son manejadas por computadoras, lo cual permite la grabación de lo que se desee con una gran precisión.

En un proceso artesanal, se pueden revestir las placas del Astrolabio con una película fotosensible a los rayos ultravioletas, del tipo de las utilizadas en serigrafía o en los paneles para los circuitos electrónicos y una vez revestidas las placas del astrolabio con esa emulsión fotosensible, insolarlas aplicándoles encima un fotolito obtenido por grabado directo o con algún programa de CAD/CAM.

Como vemos, hoy en día, el trazar un Astrolabio y construirlo todo manualmente puede parecer algo anacrónico y que ya no tiene sentido, pero si que lo que queremos es reproducir con rigor histórico los métodos utilizados por los antiguos astrolabistas y de ese modo hacernos una idea de todas las dificultades que encontraron, el trabajar en ello, presenta un gran interés.

El punto de partida para dimensionar la lamina del tímpano es su circunferencia mas externa, que es la correspondiente a la del Trópico de Capricornio.
A partir del radio del Trópico de Capricornio, podremos definir los radios de los demás círculos, tal y como deseemos.

El centro de la lamina debe estar ubicado con mucha precisión y la linea principal (la linea meridiana, o linea Norte_Sur), debe de trazarse para que pase exactamente por el centro. La proyección del Primer Vertical, o linea Este_Oeste, sobre el plano ecuatorial, debe también pasar por el centro y debe ser perfectamente perpendicular a la linea meridiana.

Antes de usar el Astrolabio.

Hay que tener en cuenta, que los Astrolabios están basados en el sistema astronómico geocéntrico, que hoy sabemos que esta totalmente fuera de la realidad. Por lo tanto lo que representan los Astrolabios es una proyección virtual del Cielo basada en ese modelo geocéntrico. No representan al Cielo tal como es, si no que la proyección Estereográfica utilizada en ellos, aunque conserva los angulos, produce la distancias muy deformadas. Para minimizar ese inconveniente, en los modernos instrumentos herederos de los antiguos astrolabios, se usa la proyección azimutal conforme.

En la proyeccion estereográfica, cuanto mas alejados del centro están los astros, mas deformada esta su posición respecto a la posición real.

A pesar de eso y aunque hoy sabemos que son falsos los postulados en los que están basados los Astrolabios, para representar el Cielo para su estudio, siguen siendo hoy tan validos hoy como hace casi 2000 años cuando se inventaron.

Para poder usar adecuadamente un Astrolabio es necesario conocer unos datos previos. Estos datos son:

a). Las Coordenadas Geográficas del lugar de observación:
Latitud : Es necesaria para escoger la lámina adecuada al lugar de observación.
Longitud: Es necesario conocerla para poder aplicar las correcciones de tiempo pertinentes.
b). Tiempo. Es necesario saber el día del año y la hora a la que se realiza la observación, para poder ajustar el Astrolabio a esa fecha y esa hora.

El astrolabio también se puede usar en ingeniería inversa, es decir, conociendo de antemano algunos datos, se podían deducir de ellos los demás.

Por ejemplo, un Astrolabio, convenientemente orientado, puede servir como reloj de Sol, sin embargo, conociendo de antemano hora correcta, el Astrolabio puede servir para orientarse.
Otro ejemplo es él caso de las coordenadas geográficas del lugar, que son necesarias para usar correctamente el Astrolabio, sin embargo, si estas le fueran desconocidas al observador, el Astrolabio, gracias a su cara posterior, le serviría como herramienta para poder determinarlas.

Historia del

Astrolabio Planisférico

La pequeña Historia del Astrolabio.
Los primeros astrolabios que se construyeron, fueron esféricos. Los hubo macizos y los hubo en forma de anillas que representaban cada una los círculos principales de la Esfera Celeste

Sin embargo, para poder hacer a los Astrolabios mas prácticos y transportables, se necesitó representar la Esfera Celeste en un plano.

El problema, es que una esfera no permite su desarrollo sobre un plano, como sería posible hacer con un cilindro, si no que para abatirla en un plano, es necesario recurrir a algún tipo de proyección geométrica.

La proyección mas antigua conocida fue la proyección estereográfica.
Cuando se consiguió proyectar geométricamente la Esfera Celeste, por medio de la proyección estereográfica, nació el llamado ***Astrolabio Planisférico o Astrolabio Plano.***

Por lo tanto, la Historia del Astrolabio Plano esta ligada primero a la aparición de la proyección estereográfica y después a quien aplicó por primera vez la proyección estereográfica para proyectar la Esfera Celeste, ya que parece ser que estos dos hechos fueron realizados por personas diferentes.

Hemos dicho que la primera forma de representar de la Esfera Celeste fue por medio de una esfera maciza. Algunos autores remontan la antigüedad de ese tipo de representación a Eudoxo de Cnido unos 400 años antes de la Era Cristiana.

Posteriormente, se pasó de la esfera maciza a un simple armazón constituido por aros, aunque no con la forma con la que lo conocemos hoy, sino en la forma de un instrumento mucho mas simple, y del que hablaremos mas adelante, al que los antiguos astrónomos griegos llamaron Astro_Labon.

Por referencias de Vitrubio Pollio, (80-70 AC), sabemos que Aristarco de Samos (300 AC), (también conocido por su teoría Heliocentrica), desarrolló un tipo de reloj solar plano a partir de una Skaphe o reloj solar esférico. Sin embargo, es a partir de los grandes avances de la Geometría Griega y del estudio de las proyecciones cónicas desarrolladas por Apolonio de Perga (262-190 AC), que la esfera celeste comienza a proyectarse sobre un plano, lo cual fue el origen del astrolabio plano tal como lo conocemos ahora.

Aunque desconozcamos a ciencia cierta los orígenes del astrolabio plano, parece ser que su la proyección estereográfica se debe a Hiparco de Nicea (190 - 120 AC), pero que quien la utilizo por primera vez para abatir la Esfera Celeste sobre un plano, fue Claudio Ptolomeo (100-160 D.C), que escribió un pequeño tratado sobre el astrolabio plano al que llamó "Planispherium".

Posteriormente al tratado sobre el "Planispherium" de Ptolomeo, existen referencias de que otro tratado, hoy perdido, fue escrito por Theon de Alejandría, que vivió aproximadamente entre los años 335 y 405 D.C. (Theon, fue el padre de la famosa Hypatia, mas conocida por las fábulas feministas y anticristianas que se han escrito sobre ella que por sus verdaderas aportaciones a la Ciencia)
Según Neugebauer, el tratado hoy perdido de Theon, se encuentra plasmado en otro posterior que fue redactado por Severo Sebokth.

El tratado mas antiguo que hoy conocemos sobre el Astrolabio Planisférico, lo escribió en griego Jean Philopponos (Juan Filopon), un monje cristiano de Alejandría que vivió mas o menos entre los años 490 y 570 D.C.

Un ejemplar en griego de ese tratado se encuentra en la Biblioteca Nacional de Francia.

Posteriormente hacia el año 550 D.C., otro monje cristiano llamado Severo Sebokth escribió en lengua siria un tratado sobre el astrolabio, que según Neugebauer, es con toda certeza anterior al año 600 D.C. y recoge en gran parte el tratado, hoy perdido de Theon de Alejandría. El tratado de Sebokth, al estar escrito en sirio, sirvió de base para desarrollar muchos de los tratados árabes posteriores.

El uso del astrolabio tanto para determinar las horas de oración como para establecer los calendarios de celebración de las festividades religiosas, hizo de él un instrumento sumamente útil en las comunidades religiosas, tanto las judías como las cristianas y posteriormente entre las comunidades musulmanas.

Los astrolabistas musulmanes, desarrollaron nuevos modelos de instrumentos, entre los que cabe destacar el astrolabio universal, llamado la Azafea, desarrollado por el astrolabista hispano-arabe, Azarquiel hacia el año 1029.

El astrolabio plano mas antiguo que se conoce data del año 315 de la Hégira (927-928 E.C.) y se encuentra en el Museo Nacional de Kuwait. Fue trazado por un astrolabista llamado Nastulus, que se cree que fue de origen nestoriano. (Los Nestorianos eran una comunidad cristiana de origen griego, que se establecieron en Persia, pero fueron declarados herejes en el Concilio de Efeso del año 431, por lo que mantuvieron sus propios ritos hasta la conquista musulmana de Persia).

Los astrolabios, como tales, son instrumentos obsoletos, que se hoy se utilizan únicamente como modelos de estudio, o en reproducciones que son utilizadas por los astrólogos, para darle un cierto toque de esoterismo a sus pretendidas predicciones.

Si despojamos al Astrolabio de toda su parafernalia inútil, su capacidad para determinar ciertas efemérides astronómicas pueden hacer de él una herramienta muy útil.

Aunque el uso del Astrolabio, y por lo tanto su fabricación, comenzó a decaer en el Siglo XVIII, posteriormente se hicieron instrumentos que son adaptaciones de los antiguos astrolabios, para ser utilizados para usos científicos o como instrumentos de navegación. Ejemplos de ellos son: el astrogoniometro del abad Meirieu (hacia 1870), el Marean-Kielhorn Director (1940) o el Girasol (1997), este ultimo para estudios solares. Sin olvidar el pequeño astrolabio de cartón que fue mi juguete a los 12 años y que he conservado durante toda mi vida.

Bibliografía:

En esta bibliografía, no se incluyen los fascículos ni los distintos catálogos y artículos en diversos idiomas, que han sido consultados.
Solo una excepción, el articulo de North publicado en 1974 en la revista "Scientific American", por la importancia que significó para mi, ya que despertó en mi el interés por esos maravillosos instrumentos:

North, J.D. The Astrolabe. Scientific American. January 1974. Vol 230. Number 1.

A parte, se han consultado infinidad de manuscritos antiguos, que por lo extenso, serian imposibles de listar aquí, salvo el Tratado de Juan Matinez Poblacion, por la importancia que tuvo. Fue originalmente escrito en latín y traducido y publicado en diversas lenguas, y sin embargo, el manuscrito escrito en español, nunca fue llevado a imprenta.

Martinez Población, Juan. De usu Astrolabii Compendium. Lutetia 1553.
Martinez Población, Juan. Tratado y uso del astrolabio y utilidad de aquel con la declaración de sus partes [Manuscrito] Mss/9042. Biblioteca Nacional.

Además de las referencias indicadas, se ha trabajado también, con bibliografía mas moderna, es la que se indica aqui a continuación.

Gibbs, Sharon. Saliba, George. Planispheric Astrolabes from the National Museum of American Histry. Smithsonian Institution. Washington. 1984.
Garcia Franco, Salvador. *Catalogo Critico de los Astrolabios Existentes en España.*
Instututo Historico de la Marina, Madrid. 1945.
Michel, Henry. Traité de *L'Astrolabe*. Gauthier Villars. Paris. 1947.
Saunders, Harold N. *All the Astrolabes*. Oxford. 1984.
Chabas, Josep. Bosch Daniel. *L'Astrolabi Pla*. Barcelona. 1987.
Hollander, Raymond. *L'Astrolabe*. Musee Paul-Dupuy. 1993. ISBN:2-905880-11-2.
Lamprey, John. *Hartmann Practika*. 1997. ISBN:1-931947-00-7
Hollander, Raymond. *L'Astrolabe*. Institut Oceanographique. Paris 1999. ISBN:2-903-581-19-3
King, David A. In Synchrony With the Heavens. Leiden 2004. ISBN: 01-69-8729
Morrison, James E. *The Astrolabe*. Rehoboth Beach. DE. USA. 2006.
King, David A. The Astrolabe. Wolfgang Goethe University. Frankfurt 2018.

Introducción al Astrolabio Planisférico

Fin de la Introducción previa al estudio del

"Libro Primero del Astrolabio Llano"

Manuscrito contenido en los

"Libros del Saber de Astrología"

Que mandó redactar el Rey Alfonso X de Castilla

Toledo 1276 a 1277

Alfonso Pastor Moreno

de Abril a Mayo de 2020 (Durante la Cuarentena por el Covid19)