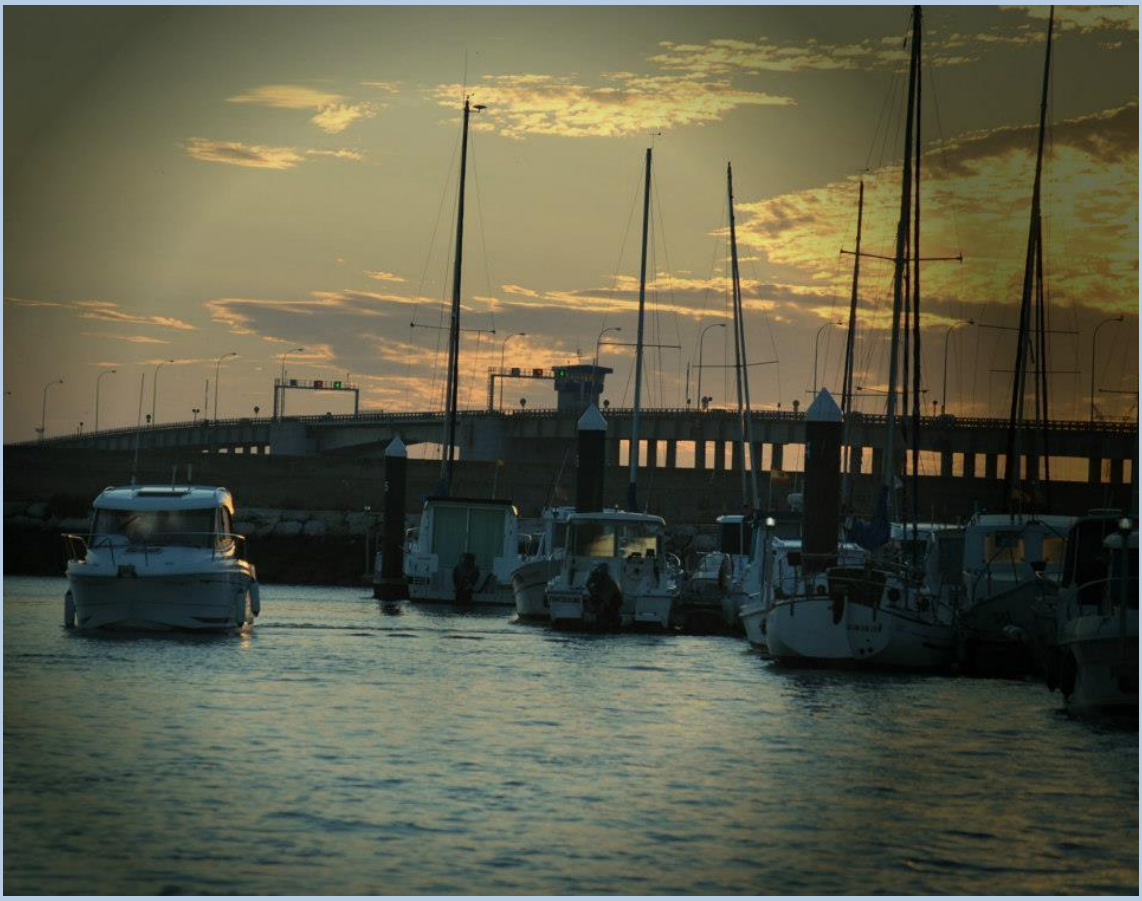


APUNTES
CY
TEORÍA Y CÁLCULOS DE NAVEGACIÓN

Adaptados al programa de la nueva normativa
(Real Decreto 875/2014)

Enero-2015

En memoria del que fuera mi maestro ***CN Félix De la Cuesta Márquez*** *en el arte de la navegación pero sobre todo en el arte de la "amistad".*

GNA

Capitán de Yate

TEORIA DE NAVEGACIÓN

1.- ESFERA CELESTE

Se podría definir la esfera celeste, como una esfera imaginaria de radio arbitrario donde se encuentran proyectados todos los astros. Cuando el ***centro de la Tierra***, es considerado el centro de esta esfera celeste, se le llama esfera celeste ***geocéntrica***, denominándose ***local*** cuando al centro de la misma se le ***considera al observado***. Cuando las ***distancia a los diferentes astros son grandes*** ambas pueden ***considerarse iguales*** al ser la distancia del ***radio de la tierra despreciable***. No ocurre lo mismo cuando estamos considerando los ***planetas***, el ***Sol*** o la ***Luna*** pues su ***proximidad*** hace que ***las diferencias entre la esfera celeste local y geocéntricas si sean considerables***.

1.1.1.- Definiciones de: Polo Norte y Polo Sur celestes y eje del mundo. Polo elevado y Polo depreso. Ecuador celeste. Meridiano del lugar, meridiano superior e inferior del lugar. Zenit y Nadir y eje cenital. Horizonte racional o verdadero y horizonte visible o de la mar. Puntos cardinales.

Al ***punto más alto de la esfera celeste que esta sobre nuestra cabeza*** y que se obtiene al prolongar el radio de la esfera terrestre se le denomina ***cenit***, siendo ***el punto opuesto*** e invisible al observador el denominado ***nadir***. El ***cenit*** tiene ***gran importancia***, ya que ***su posición en la esfera celeste***, al tratarse de dos esfera concéntricas***, se corresponde con la que tenemos en la Tierra.***

La ***vertical o eje cenital es la línea que une el cenit con el nadir*** por lo que pasa por el observador y por el centro de la tierra (fig. 1.1.1). Por extensión también se le denomina ***vertical a los círculos máximos que contienen el cenit y el nadir*** (infinitos). El ***primer vertical*** o ***vertical primario*** es el que ***contiene los puntos cardinales E y W*** (fig.1.1.3)

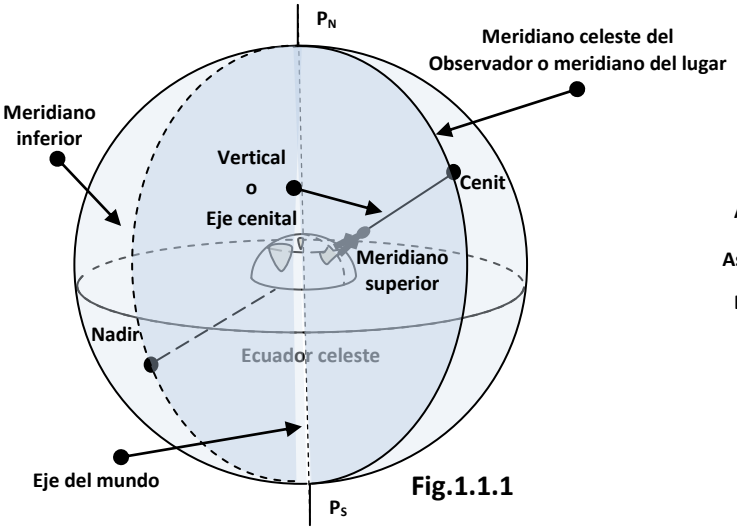


Fig.1.1.1

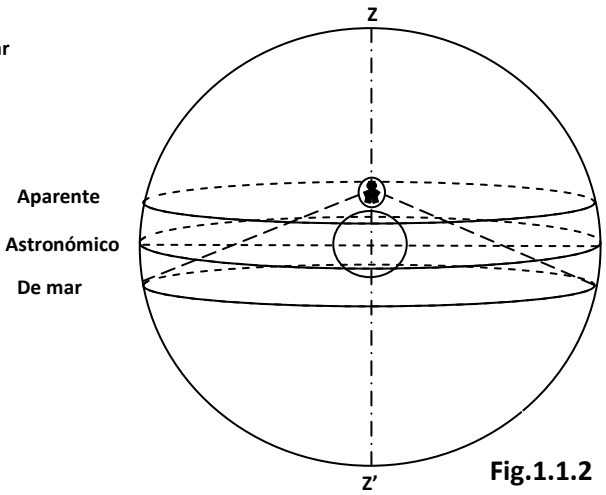


Fig.1.1.2

Con referencia al ***horizonte*** (fig. 1.1.2) hay que definir los siguientes:

- ***<u>Astronómico</u>***, también denominado ***geocéntrico***, ***verdadero*** o ***racional***: es el que tiene por centro el centro de la tierra, es pues un ***círculo máximo***.
- ***<u>Aparente</u>***, también denominado del ***observador***: es el ***círculo menor*** (paralelo astronómico) de la esfera celeste. Tiene por ***centro al ojo del observador***
- ***<u>De mar</u>***: también denominado ***visible***, es el formado por *las visuales a la* ***superficie de la Tierra*** *que* ***NO*** *son* tangente debido a la refracción. Es en realidad el que ***separa la parte visible de la no visible***. Cuando el observador ***no está elevado sobre la superficie del mar coincide con el aparente***.

Si proyectamos los meridianos terrestres se obtienen los ***meridianos celestes*** ocurriendo igual con los ***paralelos***. El ***meridiano celeste del observador*** se corresponde con el círculo máximo de la esfera celeste ***que se obtiene al proyectar el meridiano terrestre del observador*** y que pasa ***por los polos, el cenit y el nadir*** denominándose también ***meridiano del lugar*** (fig.1.1.1).

Si proyectamos el Polo Norte terrestre y el Polo Sur terrestre, se obtienen el ***P_N y P_S celestes*** siendo el la línea que une a ambos el denominado ***eje del mundo*** (fig.1.1.1).

Al semicírculo que contiene al cenit se le denomina meridiano superior y al que ***contiene al nadir el meridiano inferior*** (fig.1.1.1). Por otra parte, al igual que ocurre con los terrestre, hay que definir un ***primer meridiano o meridiano "cero"*** para lo cual basta con proyectar el conocido como ***meridiano de Greenwich*** (fig. 1.1.5).

Los puntos cardinales ***Norte y Sur*** se encuentran en las intersecciones del horizonte astronómico con el meridiano del lugar, siendo ***el más cercano al polo al Pn el Norte*** y el ***más cercano al Ps el Sur***. Por otra parte el ***horizonte astronómico, el Ecuador celeste y el primer vertical*** son todos círculos máximos (fig.1.3).

El eje de rotación de la tierra (visto del Polo Norte es antihorario) al ser prolongado hasta cortar a la esfera terrestre forman los polos celestes Norte y Sur, siendo considerado el ***polo elevado*** el ***correspondiente a la latitud del observador*** y ***polo depreso al opuesto***

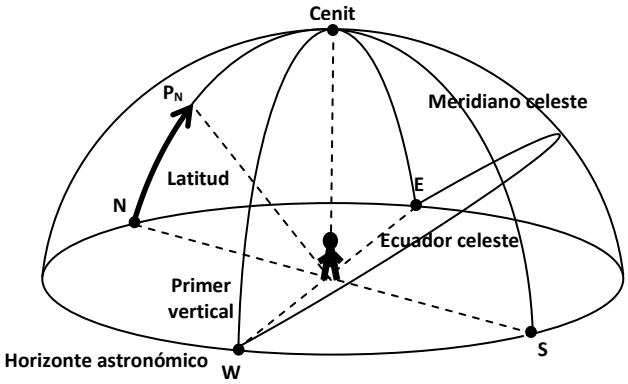


Fig. 1.1.3

Un ***almicantarat*** es un ***círculo menor paralelo al horizonte astronómico***, en consecuencia el ***horizonte aparente*** es un almicantarat. Cuando un mismo almicantarat pasa por dos astros, estos tienen la ***misma altura sobre el horizonte.***

LÍNEAS RESPECTO A UN ASTRO

- El ***círculo horario*** son la proyección de los ***meridianos terrestres*** son por lo tanto círculos máximos que pasan por los polos. Al ***que pasa por el astro se le denomina círculo horario del astro.***
- ***Semicírculo horario*** semicírculos secundarios que ***unen los polos celestes y pasan por el astro.***
- El ***paralelo de declinación*** o ***paralelo diario*** es el ***paralelo celeste del astro***, es el que pasa por el astro y consecuentemente paralelo al ecuador celeste, ***siendo el movimiento aparente del astro el recorrido diario de ese paralelo.***
- La ***vertical del astro***, o ***círculo vertical del astro*** es el ***vertical que contiene al astro***, o lo que es lo mismo: ***circulo máximo de la esfera celeste que pasa por el astro., el cenit y el nadir y perpendicular al horizonte astronómico***.

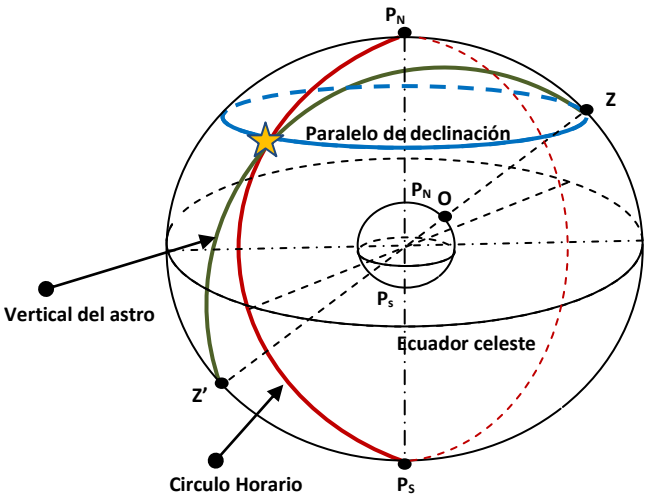


Fig.1.1.4

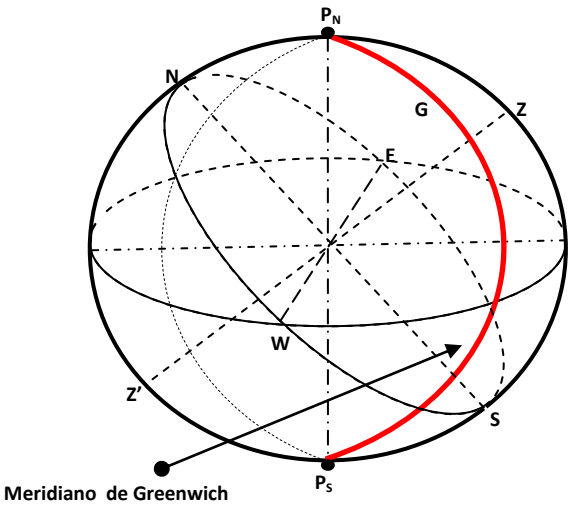


Fig.1.1.5

1.2.- COORDENADAS HORARIA DE LOS ASTROS

1.2.1.- Definiciones de: Paralelo de declinación y semicírculo horario. Horario del lugar del astro y declinación del astro.

Se denominan ***paralelos de declinación (d-d')*** a los ***círculos menores*** que son paralelos al ecuador y que pasan por el astro. Los meridianos que pasan por el astro son denominados ***círculos horarios,*** siendo el ***semicírculo horario Pn-A-Ps*** (fig. 1.2.2).

A este sistema de coordenadas puede considerarse ***locales,*** ya que ***sus cálculos no serán válidos para otros observadores*** que se encuentren en otras situaciones. Son también conocidas como ***ecuatoriales***, ***por ser su plano fundamental el Ecuador***, y son la ***declinación*** y ***horario del astro***:

- ***Declinación*** **(δ)** (fig. 1.2.1)**:** es el ***arco del circulo horario que va desde el Ecuador hasta el astro*** (meridiano celeste del astro). Su valor será de ***0º a 90º*** y en el caso que se encuentre en el Hemisferio ***Norte*** será ***positiva*** y en el Hemisferio ***Sur*** será ***negativa***, puede considerarse como la ***latitud celeste del astro.*** No depende del observador por lo que ***su valor lo proporciona el AN***.
- ***Codeclinación: o distancia polar*** **(Δ)** (fig.1.2.1)**:** es el ***arco comprendido entre el astro y el polo celeste elevado*** (fig.1.2)

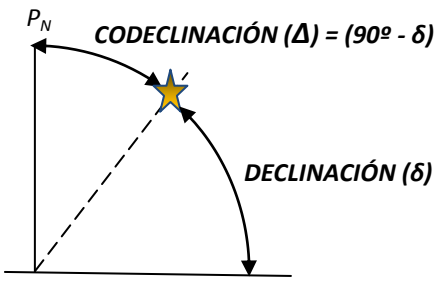


Fig.1.2.1

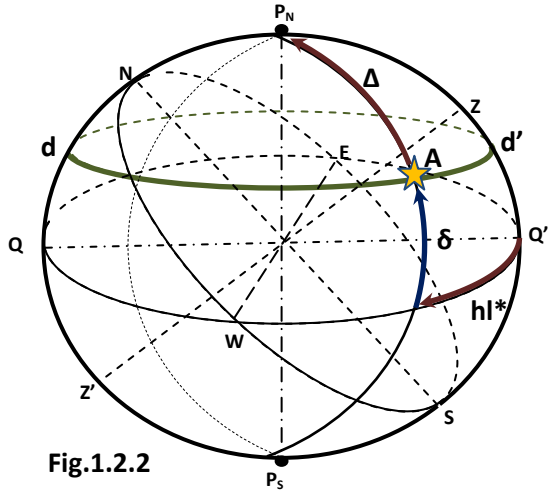


Fig.1.2.2

- ***Horario del astro, del lugar o local*** **(hl_*)** (fig.1.2.3), llamado también ***horario astronómico,*** es el ángulo correspondiente al ***arco de ecuador*** comprendido entre el ***meridiano superior del observador***, contando ***hacia el W***, hasta el ***círculo horario del astro.*** Su valor será ***de 0º a 360º***

  También se puede ***contar menor de 180º*** midiendo desde el meridiano superior del observador hacia el ***E***, en cuyo caso se denomina ***horario oriental***, o bien hacia el ***W*** en cuyo caso se denomina ***horario occidental***, siendo este horario igual al ***ángulo en el polo P*** (fig.1.2.3) como ya veremos cuando veamos el triángulo de posición.

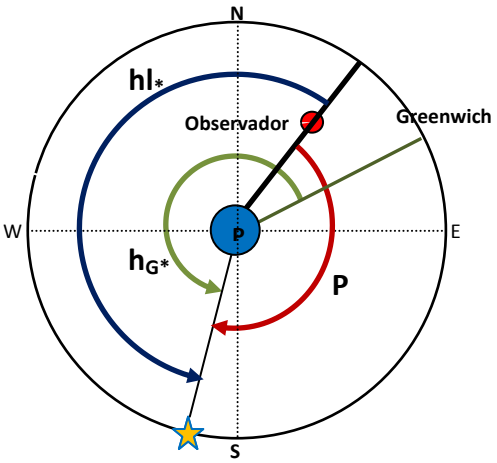


Fig.1.2.3

- ***Horario de Greenwich del astro*** **(h_{G*})** (fig.1.2.3)**:** el ***arco comprendido entre el meridiano de Greenwich y el círculo horario del astro*** de ***0º a 360º***. No depende de la posición del observador, por lo tanto ***es igual al horario del astro pero contado desde el meridiano de Greenwich***.

Se puede pues establecer la siguiente relación en relación al ***horario local o del astro*** y la ***longitud (L)*** del observador:

$$h_G* = hl* + L \ (E - W +)$$

- ***Diferencia ascensional***: ***arco de ecuador contando desde los puntos cardinales E u W hasta el pie del semicírculo horario***. Es el complemento del horario local o ángulo en el polo, ***usado preferentemente cuando el astro se encuentra en el orto u ocaso.***

1.3.- COORDENADAS HORIZONTALES O ACIMUTALES DE LOS ASTROS.

1.3.1.- Definiciones de: Almicantarat y semicírculo vertical. Azimut náutico y altura. Distintas formas del contar el azimut.

Al igual que las anteriores, se tratan de coordenadas ***locales*** las cuales ***dependen de la situación del observador***, ya que se cuenta desde el horizonte y vertical del astro, datos que varían en función del ***cenit,*** teniendo cada observador uno distinto.

- ***Almicantarat:*** como ya hemos expuesto en el apartado 1.1.1, se denominan así a los ***círculos menores paralelo al horizonte astronómico***, en consecuencia se podrían considerar como la proyección de los paralelos terrestres. Cuando un mismo almicantarat pasa por dos astros, estos tienen la ***misma altura sobre el horizonte*** como podrá comprobarse a continuación cuando definamos el concepto de ***altura de un astro.***

  Altura **(a)**: ***ángulo correspondiente a la vertical del astro*** medido desde ***el horizonte astronómico*** (fig.1.3.1), al ***almicantarat*** o ***paralelo de declinación*** que pasa por el astro. ***Su valor máximo podrá ser 90º*** (cuando se encuentre en el cenit), siendo esta ***negativa si el astro de encuentra por debajo del horizonte*** llamándose entonces ***depresión***. El ***ángulo complementario a la altura (90º-a)*** se *denomina* ***distancia cenital*** (fig.1.3.1)***.***

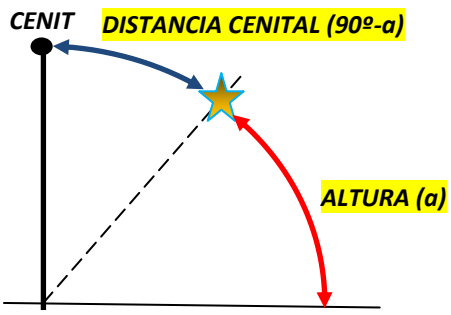


Fig.1.3.1

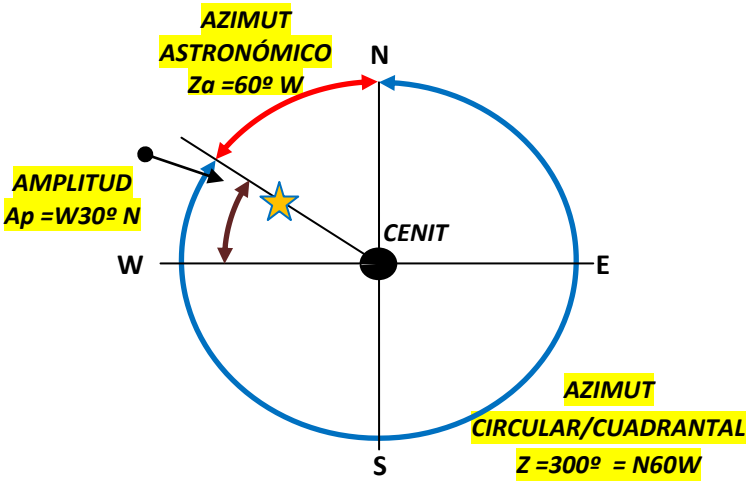


Fig.1.3.2

- ***Azimut*** **(Z)**: ***ángulo correspondiente al horizonte astronómico*** comprendido desde un ***origen arbitrario*** y la ***vertical del astro***. En ***función de los orígenes*** existen los siguientes azimuts:
  - ***Azimut náutico o circular*** (fig.1.3.2): se mide desde el punto cardinal ***Norte hacia el Este de 0º a 360º*** siguiendo en sentido de las agujas del reloj (en la figura valdría 300º)
  - ***Azimut cuadrantal*** (fig.1.3.2): es el náutico ***circular pero pasado a cuadrantal*** *(en la figura valdría N60ºW)*, es decir desde los puntos N o S hacia el E u O hasta la vertical del astro.
  - ***Azimut astronómico*** **(Za)** ***o ángulo cenital*** (fig.1.3.2): se mide desde el punto cardinal correspondiente al ***polo elevado de 0º a 180º hacia el Este u Oeste*** hasta la ***vertical del*** **astro.** Como ***no puede ser superior a 180º*** en la figura valdría 60º W).
- ***Amplitud*** **(Ap)** es el ángulo ***complementario del azimut cuadrantal*** por lo que se medirá de ***0º a 90º*** (en la figura valdría 30º), siendo el ***arco de horizonte que va desde el E u W hasta la vertical medido hacia el N o el S***, se denomina con la letra del punto E u W, el valor numérico, y N o S (en ejemplo W30ºN)

1.4.- TRIÁNGULO DE POSICIÓN

1.4.1.- Definición y cálculo del valor de sus lados

Se puede considerar al triángulo de posición ***como las diferentes intersecciones de tres círculos máximos de la esfera celeste.*** Por una parte tendríamos (fig.1.4.1) al ***meridiano superior celeste del lugar*** en la **Ps-Z-P_N** por otra ***el semicírculo vertical del astro*** **Z'-A-Z** y por último el ***circulo horario del astro*** **Ps-A-P_N.** Las intersecciones de estos ***tres círculos máximos*** dan lugar al triángulo **P_N – Z – A** como se observa en la fig. 1.4.1

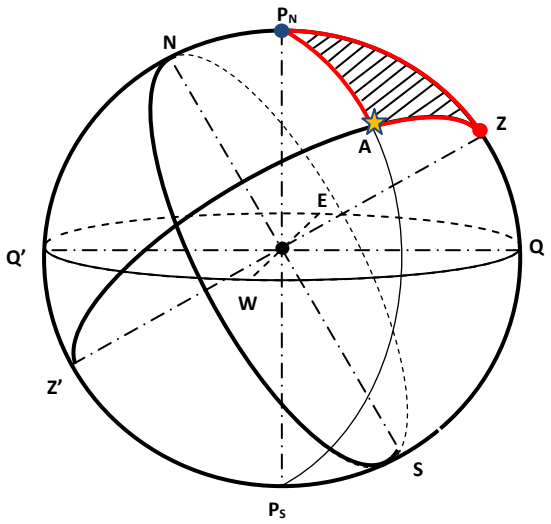


Fig. 1.4.1

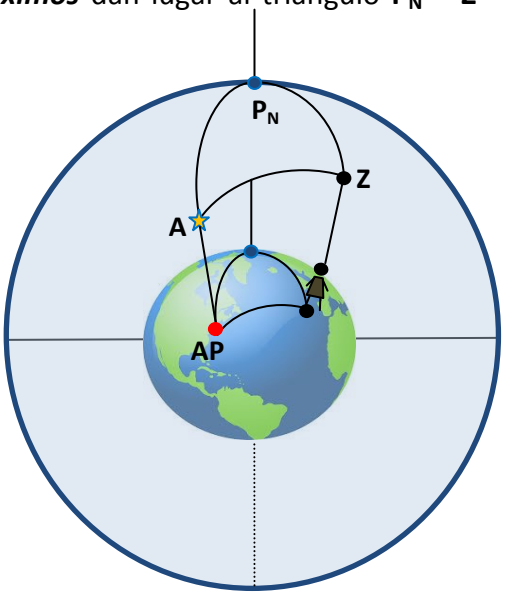


Fig. 1.4.2

A este triángulo esférico se le denomina en la navegación astronómica ***triángulo de posición*** el cual se puede proyectar a la esfera terrestre utilizando como vértices: ***el polo terrestre (P_N)***, el propio ***observador (Z)*** y el ***polo de iluminación del astro (AP)*** siendo las medidas de sus ángulos exactamente iguales como puede comprobarse en la fig.1.4.2.

Para realizar el cálculo de sus lados debemos partir de sus tres vértices: ***Polo elevado*** (mismo nombre que la latitud), ***Cenit*** (Z) y el ***Astro*** (A)

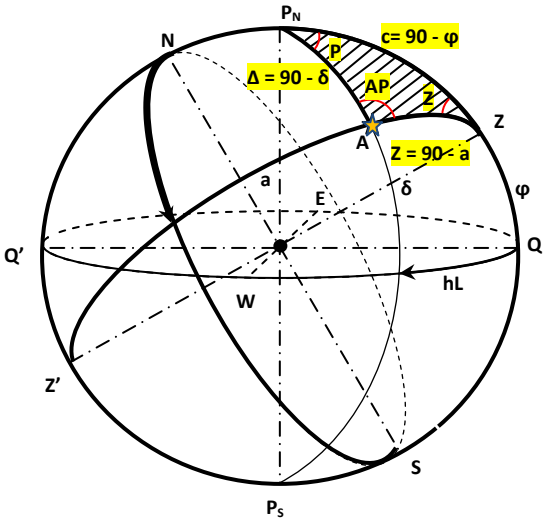


Fig. 1.4.3

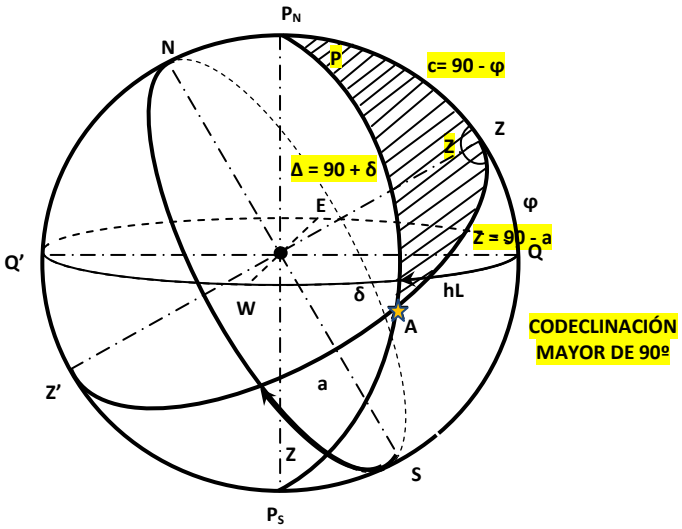


Fig. 1.4.4

Sus ***lados*** (fig.1.4.3) son:

- ***Colatitud*** (del Polo elevado al Cenit)
- ***Distancia cenital*** (del Cenit al Astro)
- ***Codeclinación*** (Δ)

Como cualquier triangulo esférico ***sus lados deben ser menores de 180º*** y en el triángulo de posición ***sus valores son***:

- El ***lado Colatitud***, al estar contado desde el ***Polo elevado*** (mismo que la latitud) hasta el ***Cenit***, siempre será ***menor de 90º*** (fig.1.4.3) por lo que su valor será:

$$c = 90º - l$$

- El lado ***distancia cenital***, siempre que ***el astro este visible*** (lo que ocurre en la práctica), también será siempre ***menor de 90º*** (fig.1.4.3) por lo que su valor será:

$$z = 90º – a$$

- La lado ***codeclinación*** que ***si puede ser mayor de 90º*** siempre que la ***declinación tenga distinto nombre que la latitud*** (fig.1.4.3) por lo tanto sus valores podrán ser:

$$\Delta = 90º - d$$ **Si d y l son del mismo nombre o signo**

$$\Delta = 90º + d$$ **Si son de distinto nombre o signo** (fig. 1.4.4)

Por lo tanto, el triángulo de posición tendrá sus ***tres lados menores de 90º*** si el ***astro se encuentra en el mismo hemisferio que el observador*** y solo tendrá ***el lado codeclinación mayor de 90º si esta en distinto hemisferio.***

1.4.2.- Definición y cálculo del valor de dos de sus ángulos

Sus ***ángulos*** del triángulo de posición (fig.1.4.3) son:

- ***Angulo en el Polo*** **(P),** lo forman el ***meridiano superior del lugar***, o lo que es lo mismo el del observador **Ps-Z-P_N** y ***el circulo horario del astro*** **Ps-A-P_N** (fig.1.4.3)**.** Su valor puede ser de **0º a 180º**
- ***Angulo en el Cenit*** **(Z),** lo forman el ***meridiano superior del lugar*** o del observador **Ps-Z-P_N** y la ***vertical del astro*** **Z'-A-Z** (fig.1.4.3)**,** es igual al ***azimut astronómico*** por lo tanto ***su valor va de 0º a 180º***.
- ***Angulo paraláctico*** **(AP)**: lo forman la ***vertical del astro*** **Z'-A-Z** y su ***círculo horario*** **Ps-A-P_N** (fig.1.4.3) y aunque ***su valor esta entre 0º y 180º*** es un ángulo que ***no se emplea*** para cálculos náuticos.

En la **figura 1.4.5**, se pueden observar todos los componentes del triángulo de posición.

Sus ***vértices***:
- ***Polo elevado***
- ***Cenit***
- ***Astro***

Sus ***lados***:
- ***Codeclinación***
- ***Colatitud***
- ***Distancia cenital***

Sus ***ángulos***:
- ***Angulo en el Polo (P)***
- ***Angulo cenital (Z)***
- ***Angulo Paraláctico (A)***

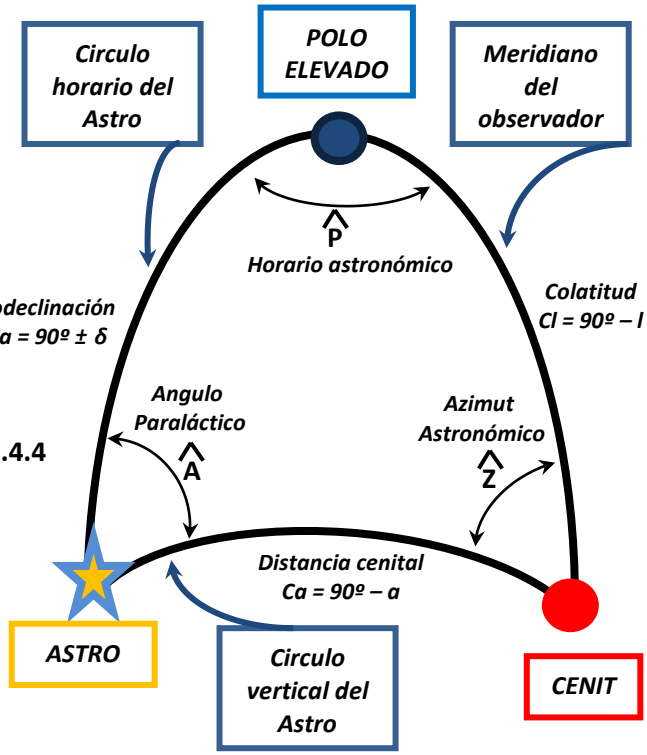


Fig. 1.4.4

1.4.2.1.- Valor del ángulo en el polo en función del horario del lugar

El ***ángulo en el polo se obtiene del horario del lugar del astro*** que como antes hemos visto ***es ángulo correspondiente al arco de ecuador celeste comprendido entre el meridiano superior del observador***, contando ***hacia el W***, hasta el ***circulo horario del astro*** **(hL).** En la fig. 1.4.5 se representa en un plano la proyección del ecuador visto desde el polo elevado (p.e. el Norte) donde:

- El ***ecuador es una circunferencia cuyo centro es el polo elevado*** **(Pn).**
- El ***cenit*** está separado del Ecuador una ***cantidad proporcional a la latitud*** y el ***astro*** una ***proporcional a su declinación.***
- Los ***punto cardinales*** **(W y E)** están ***en el ecuador en el diámetro normal al meridiano del lugar***.
- El ***ángulo en el polo*** es el ***formado con vértice en el centro de la circunferencia y lados los radios que pasan por el Cenit y Astro***.

Sin embargo el valor del horario del lugar del astro puede ser **de 0º a 360º**, mientras que el valor de uno de los ángulos del triángulo esférico ***nunca puede ser mayor de 180º*** por lo que:

– Cuando el astro ***esta al Oeste*** **(W)** (fig.1.4.5), el **hl** es ***menor de 180º*** y entonces:

$$Pw = hl$$

– Cuando el astro ***esta al Este*** **(E)** (fig.1.4.6), el **hl** es ***mayor que 180º*** y entonces:

– $$P_E = 360º - hl$$

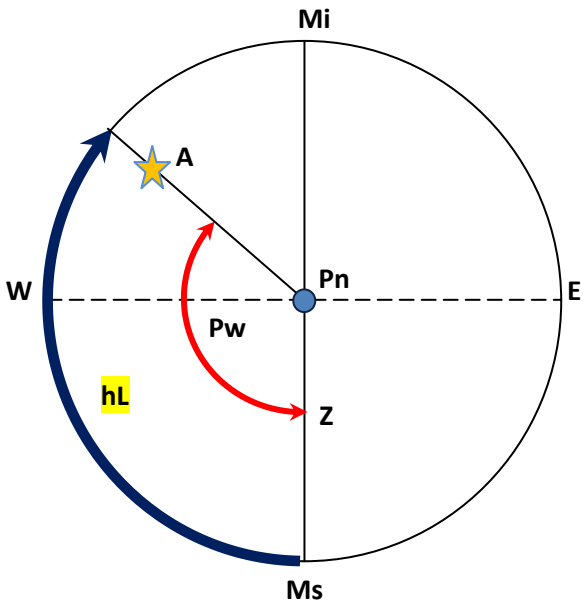


Fig. 1.4.5

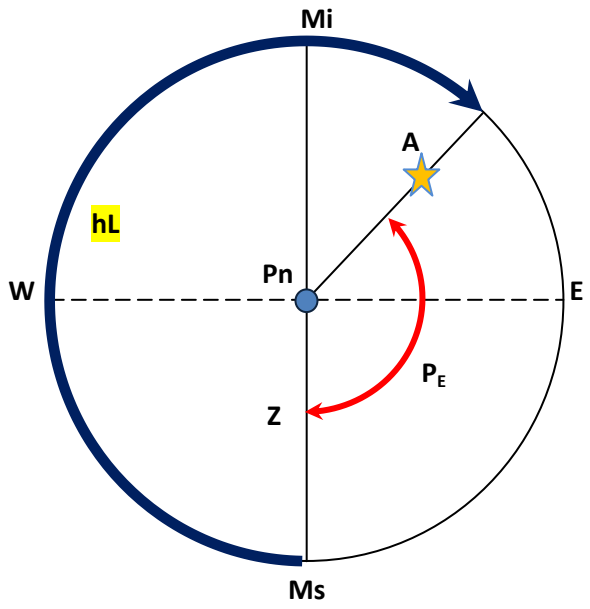


Fig. 1.4.6

1.4.2.2.- Valor del ángulo cenital en función del azimut

El ***ángulo cenital*** es el que se forma con ***vértice en el cenit,*** siendo sus lados el ***meridiano superior*** y la ***vertical del astro,*** es decir el ***círculo máximo de la esfera celeste que pasa por el astro, el cenit y el nadir que es perpendicular al horizonte astronómico***, siendo ***igual su ángulo al azimut astronómico o ángulo cenital,*** azimut que como hemos visto anteriormente se mide desde el ***polo elevado de 0º a 180º hacia el Este u Oeste*** hasta la ***vertical del*** **astro (Za)**.

En la fig. 1.4.7 se representa, a semejanza de la anterior, en un plano visto desde el cenit donde la proyección es el horizonte. Por lo tanto:

- El ***horizonte es la circunferencia cuyo centro es el cenit*** **(Z)**
- El ***meridiano del lugar es el diámetro que contiene al polo elevado*** siendo los extremos de este diámetro los puntos cardinales Norte y Sur **(N-Z-S)**

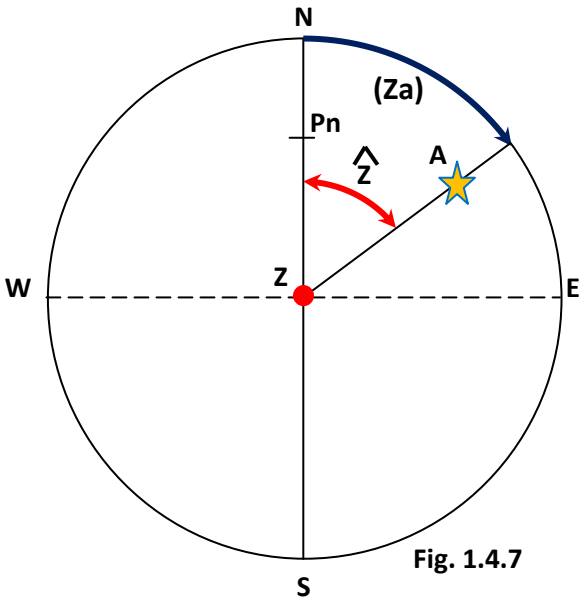


Fig. 1.4.7

- ***El polo elevado (Pn),*** *está separado del horizonte una* ***cantidad proporcional a la latitud*** *y el* ***astro una cantidad proporcional a la altura***
- ***El ángulo en el cenit*** *es el formado con* ***vértice en el centro de la circunferencia*** y como lados ***los radios que pasan por el polo elevado y Astro***.

Para su cálculo vamos a emplear el ***azimut náutico o circular*** el cual se cuenta ***de 0º a 360º desde el N hacia el E,*** por lo que se pueden presentar ***4 casos***:

1º.- Observador en ***latitud Norte y el Astro este al Este*** (fig.1.4.7), por lo que al estar al Este el azimut náutico será menor de 180º por lo tanto:

$$\hat{Z} = Z\ náutico$$

2º.- Observador en ***latitud Norte y el Astro al Oeste*** **(fig.1.4.8)**, al estar al Oeste será mayor de 180º por lo que:

$$\hat{Z} = 360º - Z\ náutico$$

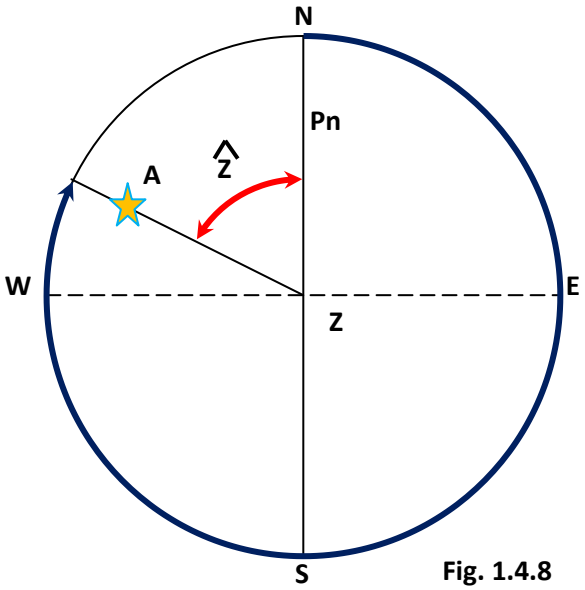


Fig. 1.4.8

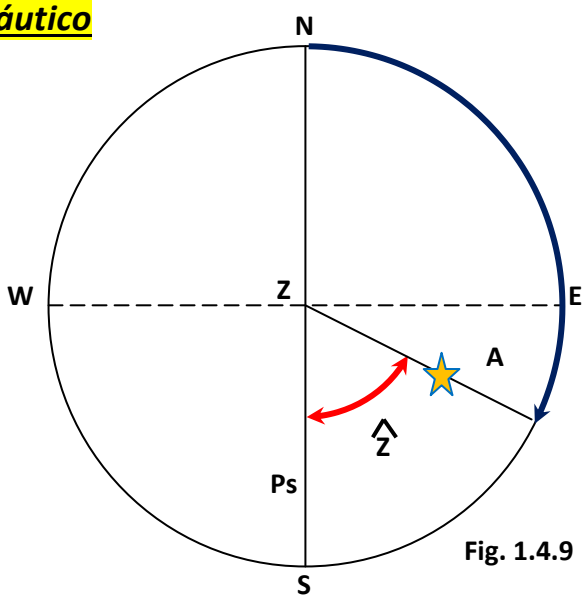


Fig. 1.4.9

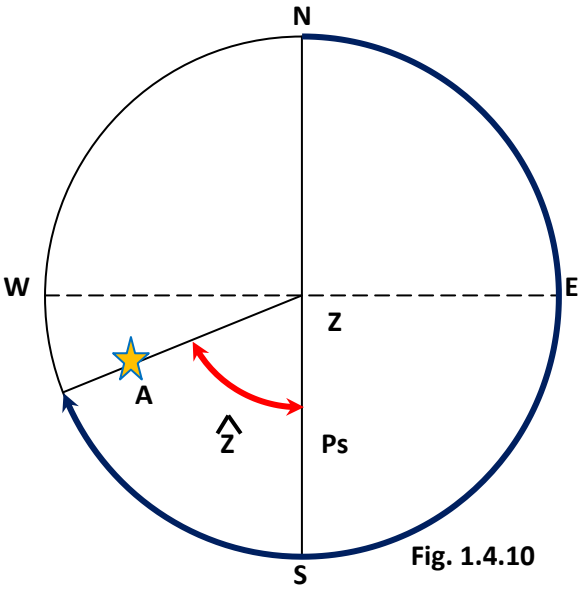


Fig. 1.4.10

3º.- Observador en ***latitud Sur y el Astro al Este*** (fig.1.4.9), al ser el polo elevado el Sur, el ***ángulo cenital*** o ***azimut astronómico*** se cuenta desde el Sur, en este caso el azimut náutico y el ángulo cenital se cuentan de polos diferentes , por lo que resulta:

$$\hat{Z} = 180º - Z\ náutico$$

4º.- Observador en ***latitud Sur y el Astro al Oeste*** (fig.1.4.10), se da las mismas condiciones que en el caso anterior pero al contrario, por lo que resulta:

$$\hat{Z} = Z\ náutico - 180º$$

Podemos pues resumir que:

Latitud Norte

- Astro al **E** -> **$\hat{Z}$ = Z náutico**
- Astro al **W** –> **$\hat{Z}$ = 360º - Azimut náutico**

Latitud Sur

- Astro al **E** -> **$\hat{Z}$ = 180º - Azimut náutico**
- Astro al **W** -> **$\hat{Z}$ = Azimut náutico – 180º**

1.5.- ECLÍPTICA

Aunque cuando desarrollemos el ***tema 1.8*** se podrá analizar con más profundidad el movimiento aparente de los astros, para el estudio de la ***eclíptica*** estudiaremos el movimiento aparente del Sol con respecto a la Tierra. Suponiendo que la Tierra se encontrara parada y que es el Sol quién gira a su alrededor, tendríamos el denominado ***movimiento aparente*** (fig.5.1.1). Sin embargo es la Tierra la que gira alrededor del Sol ***generando una elipse donde el Sol es uno de sus focos*** (fig. 5.1.2).

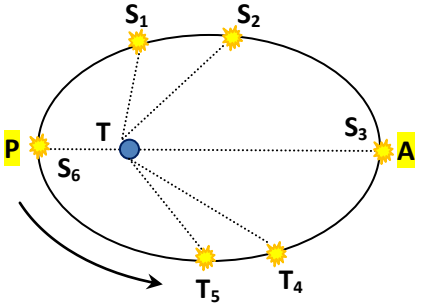


Fig. 1.5.1

S = Sol
T = Tierra
P = Perigeo
A = Apogeo

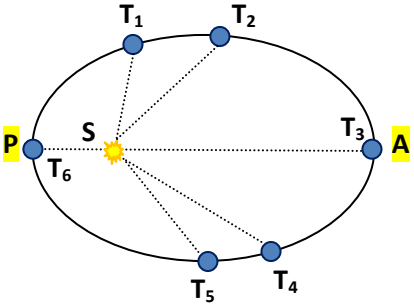


Fig.1.5.2

Esa elipse que aparentemente describe el Sol es idéntica a la que la Tierra describe ocupando el Sol uno de los focos, existiendo dos puntos importantes en esta orbita: el ***perigeo*** **(P)** que el punto donde el Sol está más cercano a la Tierra y el ***apogeo*** **(A)** el punto más alegado. En el movimiento aparente podemos observar como el movimiento del sol se produce de Occidente hacia Oriente (fig. 5.1), siendo el movimiento aparente o relativo los que para la astronomía náutica interesan.

1.5.1.- Definición de Eclíptica

Podríamos definir a la *eclíptica* ***como la línea curva que en su movimiento aparente el Sol describe alrededor de la Tierra*** (fig.1.5.3)

Está formada por la intersección del ***plano ecuatorial*** (órbita terrestre) con la esfera celeste. Esta línea la ***recorre el Sol en el periodo de un año*** y forman un ***ángulo de 23º 27'***.

En la figura también puede apreciarse cuando se producen los ***Solsticio*** (verano e invierno) y los ***equinoccios*** (otoño y primavera).

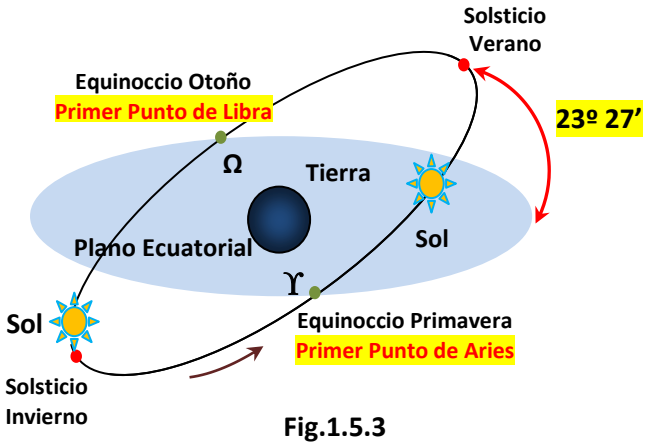


Fig.1.5.3

1.5.2.- Definición de Punto de Aries y Punto de Libra

A los cortes de la elíptica con el ecuador celeste se le denominan ***equinoccios*** (fig. 1.5.3)

El equinoccio que es atravesado por el Sol ***entre el 20 y 21 de Marzo***, abandonado la mitad de la eclíptica perteneciente al hemisferio Sur para pasar a la mitad del hemisferio Norte (cuando su declinación pasa de ser negativa a positiva), es el ***equinoccio de primavera*** denominándose también ***Punto Vernal*** o ***primer Punto de Aries*** **(♈).** Se podrá definir por lo tanto al al punto de la eclíptica a partir del cual el Sol pasa al hemisferio norte, comenzando así la ***primavera en el hemisferio norte*** y el ***otoño en el hemisferio sur***.

El equinoccio que es atravesado por el Sol entre el 21 de Septiembre y el 22 y 23 de Septiembre se le conoce como ***equinoccio de otoño o primer Punto de Libra***, el cual se puede definir ***como el punto de la eclíptica a partir del cual el Sol pasa del hemisferio Norte al hemisferio Sur***.

Este ***movimiento aparente del Sol alrededor de la elíptica origina el paso de las distintas estaciones*** del año al separarse progresivamente del ecuador celeste, o lo que es lo mismo ***al variar su declinación***.

1.6.- COORDENADAS URANOGRÁFICAS ECUATORIALES

Este sistema ***no depende de la situación del observador***, los elementos para poder definirlo son el ***ecuador celeste*** y el ***eje de del mundo*** y sus referencias son:

- Los ***paralelos de declinación***
- los ***máximos de ascensión***

1.6.1.- Definición de máximo de ascensión, declinación, ascensión recta y ángulo sidéreo

- ***Máximos de ascensión***: son los ***meridianos de los astros*** o lo que es lo mismo los ***círculos horarios*** de los mismos. Podríamos decir que es equivalente a la longitud terrestre (fig.1.5.4)
- ***La declinación*** **(*δ*)** es la misma que se ha definido en las ***coordenadas horarias***, es decir: el ***arco del circulo horario*** (meridiano celeste del astro) ***medido desde el ecuador celeste hasta el astro***. Se mide ***de 0º a 90º*** y su signo será **(+)** cuando es al ***Norte*** y **(-)** cuando es al ***Sur***. Es pues la latitud celeste del astro (fig.1.5.4)
- ***Ascensión recta*** es el arco de ecuador ***contado en tiempo*** desde el ***punto vernal*** en sentido contrario a las agujas del reloj (visto desde el polo N hacia el E) hasta el pie del máximo de ascensión que no es otra cosa que el ***meridiano celeste del astro***, pero esta medida no se utiliza en navegación sino que se utiliza el (fig.1.5.4)
- ***Angulo sidéreo*** **(As)** que es el ***arco de ecuador celeste*** medido en grados (0º a 360º) contado ***desde el punto vernal*** hacia el ***W*** hasta el ***máximo de ascensión del astro*** (fig.1.5.4)

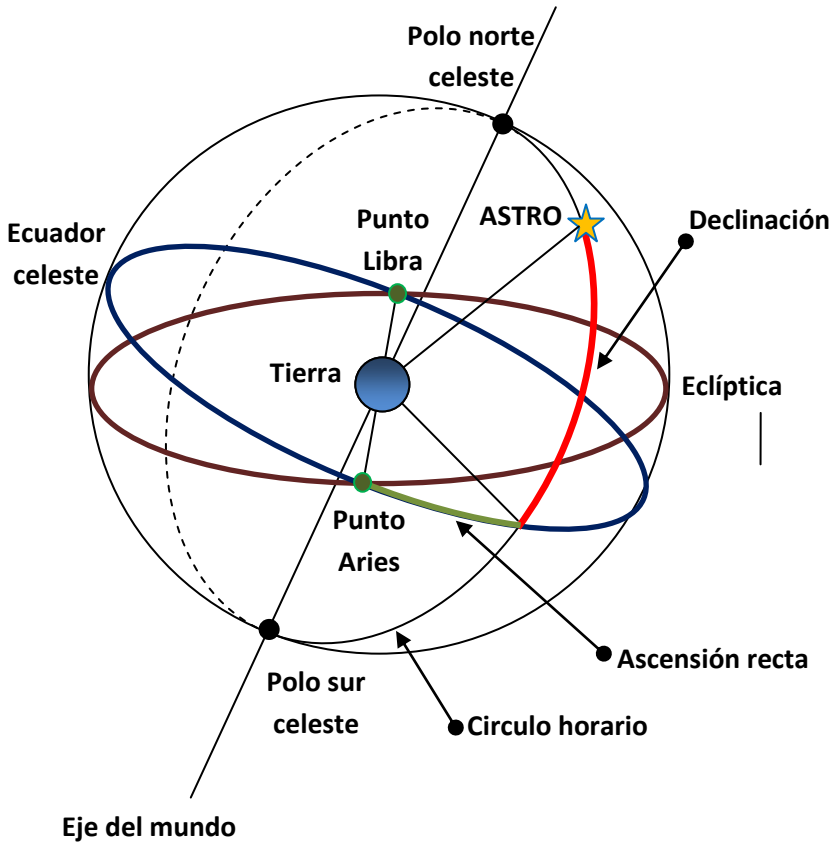
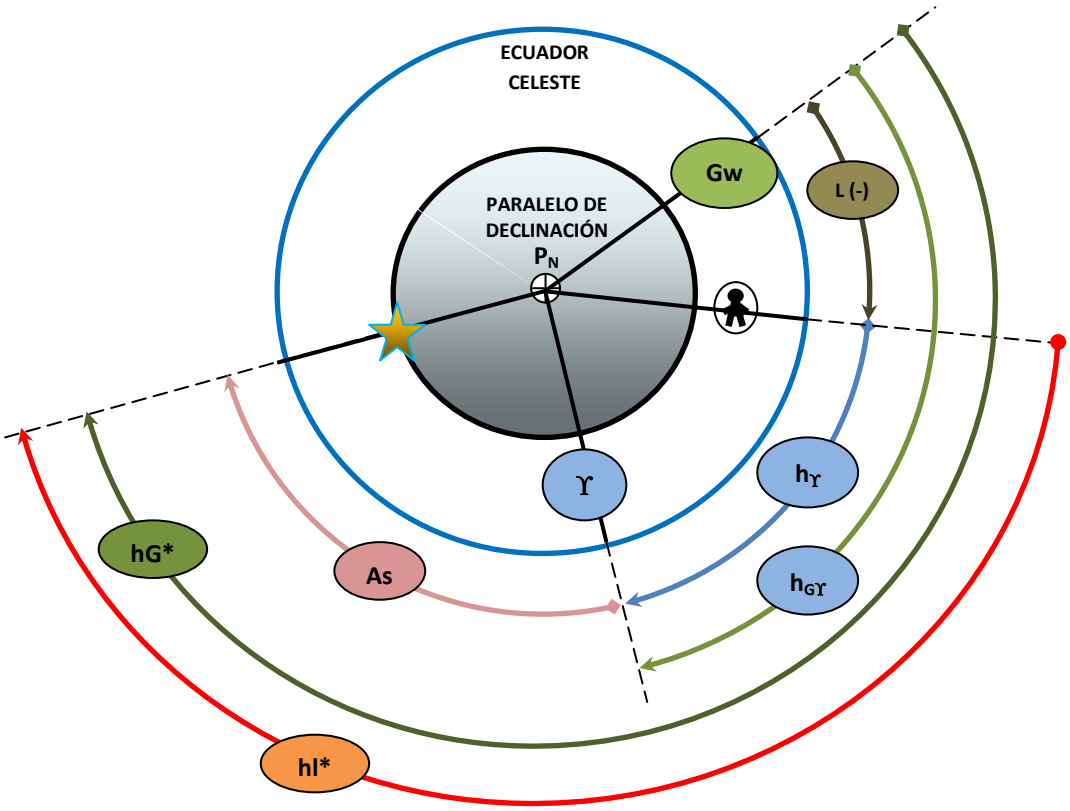


Fig.1.5.4

1.7.- COORDENADAS QUE SE MIDEN EN EL ECUADOR

Existe una relación entre las distintas coordenadas que se miden en el ecuador las cuales analizamos a continuación.

El ***horario de astro*** y su ***ángulo sidéreo*** están relacionados y para establecer esta relación basta con definir el ***horario de Aries en un lugar***, y el de **Aries en Greenwich** que ***será el ángulo correspondiente al arco de ecuador celeste de 0º a 360º hacia el W, hasta el primer punto de Aries (♈) contado desde el meridiano superior del observador el primero y desde el meridiano celeste de Greenwich el segundo.***



Teniendo en cuenta que las ***longitudes del observador*** si son al ***Este son positivas*** y ***negativas cuando sean al W***, tendremos:

$$hl^* = hl_♈ + As$$

$$h_G^* = h_{G♈} + As$$

$$hl^* = h_G^* + L$$

$$hl^* = h_{G♈} + L$$

El ***horario de Aries en Greenwich*** lo facilita directamente el ***Almanaque Náutico*** para cada día y hora **TU** ya que $h_{G♈}$ varia a medida que la esfera celeste describe su rotación aparente, como también se obtiene del Almanaque Náutico el ***ángulo sidéreo*** **(As)** de la estrella correspondiente.

1.8.- MOVIMIENTO APARENTE DE LOS ASTROS

1.8.1.- Movimiento aparente de los astros: Generalidades. Arcos diurno y nocturno. Ortos y ocasos. Paso de los astros por el meridiano superior e inferior del lugar.

1.8.1.1.- Generalidades

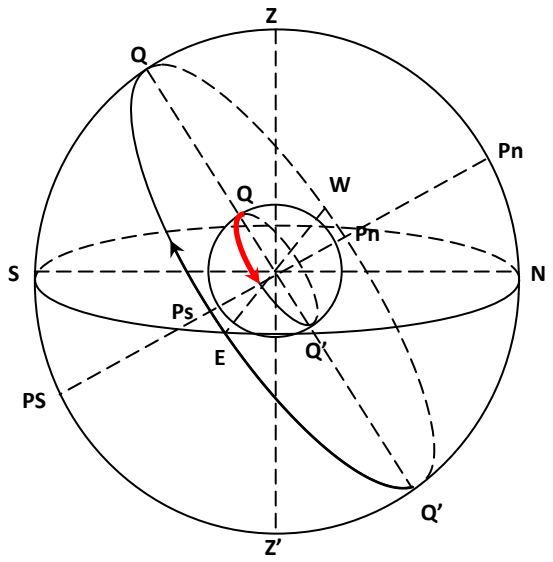
Si durante la noche nos situamos en cualquier lugar de la Tierra y comenzamos a observar a los astros de la cúpula celeste nos parecerá que estos parecen moverse en torno de la Tierra cuya duración en realizar un giro es de 24 horas. Esto es consecuencia del movimiento de rotación de la Tierra (fig. 1.8.1) el cual se traduce en un movimiento aparente con una duración de 24 horas denominándose ***movimiento diurno aparente de la esfera celeste***.

Si comenzamos a observar durante algún tiempo veremos cómo los astros situados hacia el este van tomando altura, los situados al sur se mueven hacia el oeste y los situados al oeste van bajando hasta desaparecer en el horizonte. Hay una estrella, ***la polar***, la cual parece estar inmóvil (en realidad si tiene un movimiento de giro pero es tan pequeño que no es apreciable) la cual podemos tomar como referencia (fig.1.8.2) para apreciar como los astros giran en sentido directo, o lo que es lo mismo ***contrarios a las aguja del reloj***. Esto se cumple para un observador en el polo Norte, siendo contrario en el polo Sur.

Desde latitudes Norte un observador en vera salir el sol por el Este elevándose sobre el horizonte hasta alcanzar el meridiano (mediodía) para después comenzar a descender y desaparecer por el Oeste, de la misma manera los astros aparecerán por el Este, ***pasan por el meridiano alcanzando entonces su máxima altura*** desapareciendo por el Oeste.

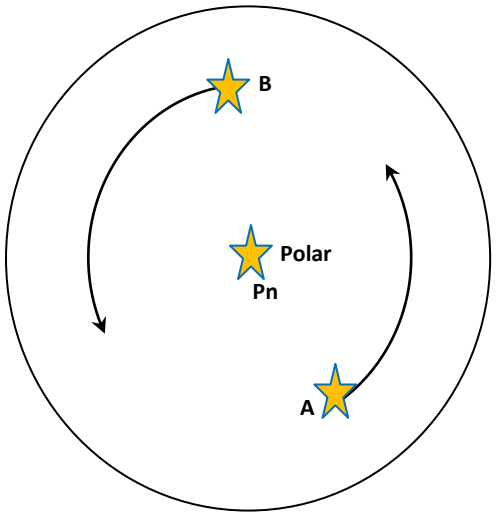
Analizando de manera general el movimiento aparente de los astros tendremos que:

1. Todas las estrellas recorren ***en 24 horas*** el paralelo de la esfera celeste en el ***mismo sentido*** y con ***movimiento uniforme***.
2. Las ***distancias esféricas entre estrellas*** permanecen, a simple vista, ***inalterables*** como si estas estuviesen realmente fijas en la superficie esférica y esta girase alrededor de los polos celestes.
3. En un ***mismo lugar*** todas las estrellas ***salen y se ponen por el mismo punto*** en el horizonte, ***permaneciendo*** sobre el horizonte el ***mismo tiempo***
4. El ***Sol,*** la ***Luna*** y los ***planetas***, al tener movimiento propio (notable al estar más cerca), ***no salen y se pone por el mismo sitio ni están todos los días el mismo tiempo sobre el horizonte***.



Movimiento aparente de la esfera Celeste

Fig. 1.8.1



Movimiento aparente de las estrellas

Fig. 1.8.2

Según la situación del observador se puede distinguir ***tres clases de esfera celeste*** fig.1.8.3.

- ***Esfera celeste paralela***: Es aquella donde el observador ***se encuentra en los polos, por lo que su latitud es igual a 90º*** (l=90º), y por lo tanto los paralelos que recorre los astros son paralelos al horizonte (almicantarat), consecuentemente ***solo podrá observar aquellos astros que tengan una declinación igual a la latitud*** en la que se encuentre el observador (polo Norte o polo Sur), en el caso de la figura los astros serian ***A y B, los cuales lo tendrá siempre en el horizonte y con la misma altura***.

  Los astros que tienen ***declinación de distinto nombre que la latitud*** donde se encuentre el observador ***no podrán ser vistos nunca***, en la figura ***C***.

- ***Esfera celeste recta: es*** el caso particular en que ***el observador se encuentra en el Ecuador***, por lo que ***su latitud será igual a cero*** (l=0º).

  En este caso el ***horizonte es perpendicular al Ecuador*** al igual que lo son los paralelos, por lo que son cortado por este en ***dos parte iguales***.

  Consecuentemente ***el observador ve todos los astros de la esfera celestes***, en la figura ***A*** y ***B***, teniéndolos ***12 horas sobre el horizonte y otras 12 horas bajo en horizonte***

- ***Esfera celeste oblicua***: corresponde a un observador cuya ***latitud es diferente de 0º y 90º,*** denominándose oblicua porque ***el horizonte corta al Ecuador en un ángulo diferente a 90º***, al igual que tampoco coinciden.

  Los paralelos que recorren ***algunos astros no son cortados por el horizonte***, en la figura ***A*** y ***D***, estando ***A*** siempre sobre el horizonte y ***D*** bajo el horizonte.

  Los paralelos que recorren otros astros, en la figura ***B*** y ***C***, cortan al horizonte ***encontrándose parte del paralelo sobre el horizonte y el resto bajo dicho horizonte***.

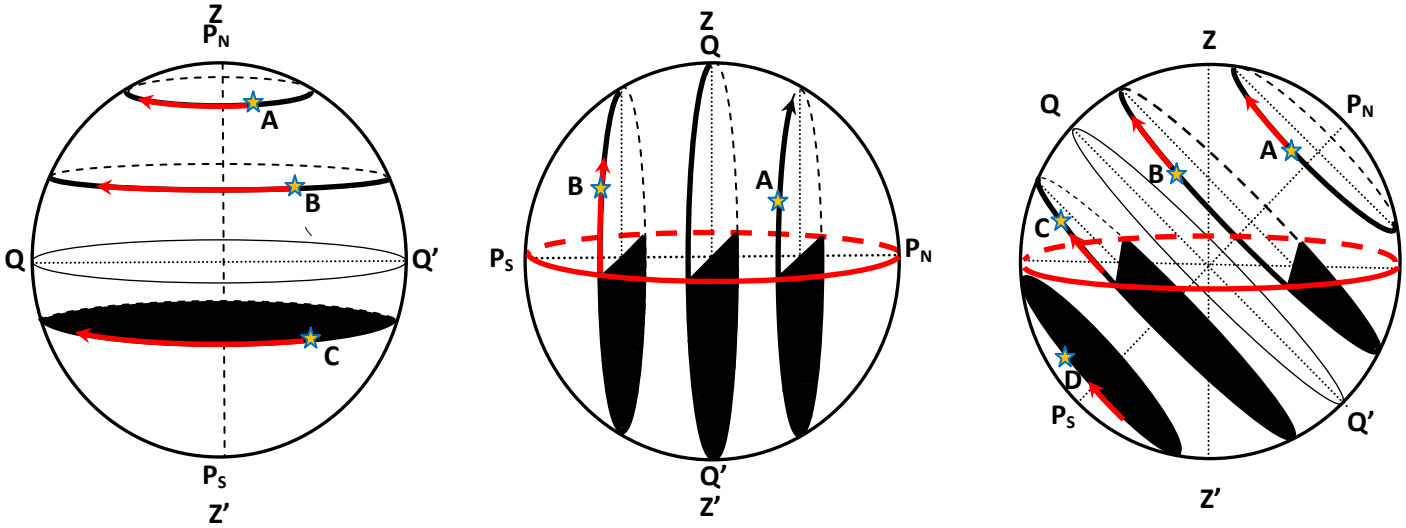


Fig. 1.8.3

1.8.1.2.- Arco diurno y nocturno

Cuando nuestro ***horizonte corta al paralelo que recorre el astro se le denomina arco diurno***, la parte del paralelo que esta sobre el horizonte, durante este recorrido el ***astro es visible*** (si el astro el Sol este recorrido se da durante el día).

Se llama ***arco nocturno***, la ***parte de paralelo que se encuentra bajo nuestro horizonte***, durante el recorrido por esa parte el astro ***no es visible*** (si se trata del Sol este recorrido es de noche) En la esfera terrestre ***paralela***, los astros o tienen ***solo arco diurno*** (A y B) o ***nocturno*** (C). En la esfera terrestre ***recta, todos los astros tienen un arco diurno*** igual al nocturno, cuyo valor es de 180º o 12 horas.

Estos arcos podemos analizarlos de manera más clarividente en la denominada esfera oblicua imaginando un observador en el hemisferio Norte a una latitud aproximada de unos 45º (fig. 1.8.4).

- En primer lugar observemos el ***astro A*** su paralelo de declinación (Pd1-Pd1') no corte el horizonte, alcanzando su máxima altura cuando este está sobre Pd1, y la mínima cuando esta sobre Pd1'. Son los astros denominados ***circumpolares***.

- Si observamos el ***astro B***, paralelo de declinación Pd2-Pd2', lo primero que veremos es que su ***arco diurno es mayor que el nocturno*** alcanzando su ***mayor altura en Pd2*** (mas adelante estudiaremos que esta es la ***altura meridiana***) cortando al meridiano en Pd2' con ***altura negativa***.

- Si observamos el ***astro C***, paralelo de declinación Pd3-Pd3', su comportamiento es idéntico al B pero se diferencian en que el ***arco diurno es menor que el nocturno***.

- Por ultimo en el ***astro D*** son de los llamado ***anticircumporales*** ya que todo su paralelo de declinación (Pd4-Pd4') está por debajo del horizonte.

Cuando el astro está en el ecuador (Q-Q') sus arcos diurno y nocturno son los mismos (circulo máximo), siendo en estos casos para los astros cuya declinación es 0º.

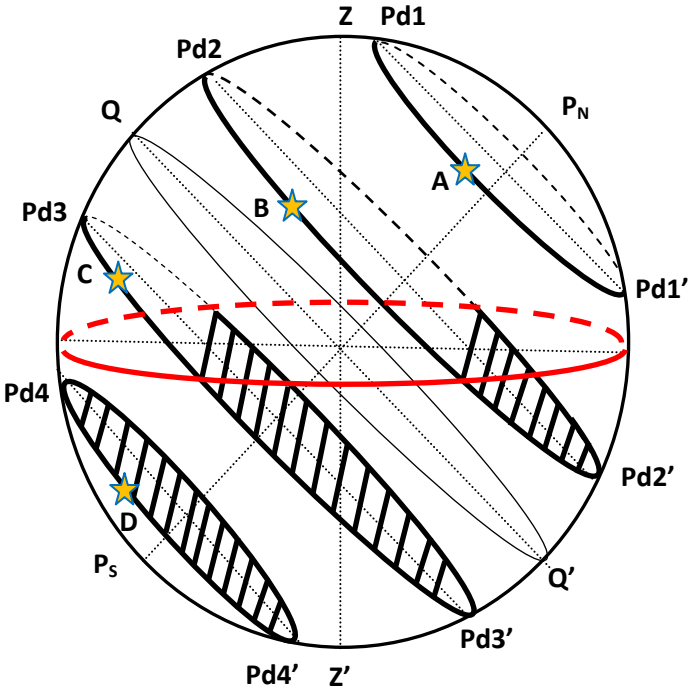


Fig. 1.8.4

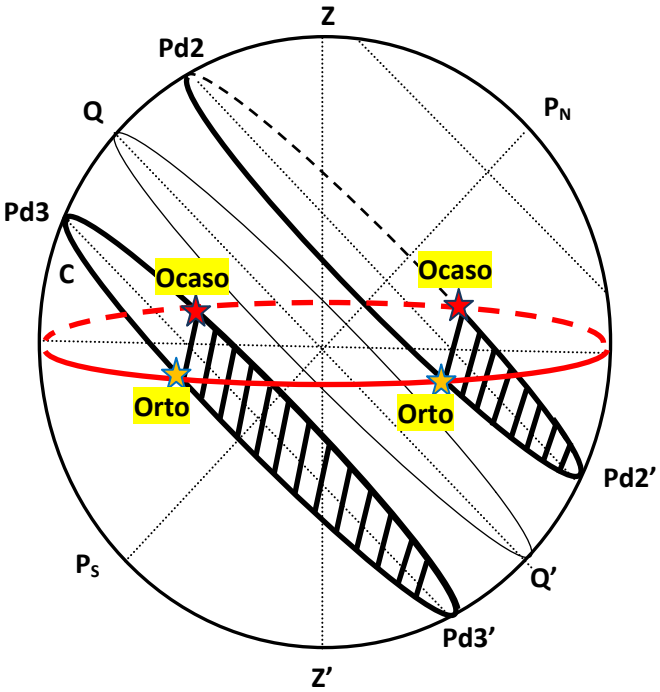


Fig. 1.8.5

1.8.1.3.- Ortos y Ocasos

Son los ***momentos en que los astros cortan el horizonte*** (fig. 1.8.5), siendo el ***orto*** en momento en que el astro ***pasa del hemisferio invisible al visible*** lo que siempre ocurre hacia el Este y el ***ocaso*** cunado pasa ***del hemisferio visible al invisible*** lo que ocurre siempre hacia el Oeste. Tambien puden denominarse salida y puesta respectivamente.

La ***altura del astro es 0º*** cuando se producen el orto y el ocaso.

Si la ***declinación del astro es 0º significa que recorre el Ecuador del Este*** (orto) ***a Oeste*** (ocaso).

Cuando la ***declinación del astro es al Norte*** su ***azimut*** al orto es ***N al E*** y el ocaso ***N al W***

Cuando la ***declinación del astro es al Sur*** su ***azimut*** al orto es ***S al E*** y el ocaso ***S al W***

La refracción de la luz (cambio que experimenta la dirección de propagación de la luz cuando atraviesa oblicuamente la superficie de separación de dos medios transparentes de distinta naturaleza) impide que veamos tanto los ortos como los ocasos de las estrellas y planetas, sin embargo sí que podemos observar los del Sol y la Luna.

Con respecto al ***Sol*** son importantes los ***crepúsculos***, que son los momentos en que ***sin ver al Sol tenemos claridad.*** El de por la mañana se le denomina ***matutino*** y al de por la tarde ***vespertino***, siendo el primero la duración desde que comenzamos a tener claridad hasta que se produce la salida del Sol y el segundo desde que se produce la puesta hasta que oscurece totalmente.

1.8.1.4.- Paso de los astros por el meridiano superior e inferior del lugar

Todos los ***paralelos cortan en un punto tanto al meridiano superior como al meridiano inferior*** lo que significa que también lo hace el ***paralelo de declinación*** (fig.1.8.6). De esto podemos deducir que los astros, en su movimiento diario a lo largo de su paralelo de declinación, ***cortarán al meridiano tanto superior como inferior en un punto determinado,*** tomando es esos momentos los siguientes valores sus coordenadas horizontales.

Paso por el ***meridiano SUPERIOR del lugar***:

- Si ***declinación (d) es mayor que la latitud (l)*** y del ***mismo nombre*** el azimut será ***Norte*** (astro **A**)
- Si ***declinación (d) es menor que la latitud (l)*** y del ***mismo nombre*** el azimut será ***Sur*** (astro **B**)
- Si ***declinación (d) y la latitud (l)*** tienen ***distinto nombre*** el azimut será ***Sur*** (astro **C**)

Paso por el ***meridiano INFERIOR del lugar***:

- Cuando esto ocurra su ***azimut será siempre Norte o Sur en función de su declinación***, es decir del ***mismo nombre que esta***.
- Para que cuando pase el astro por el meridiano inferior este ***sea visible es necesario que solo tenga arco diurno*** (cuando tiene nocturno no será visible)
- Su altura es mínima y cuando no es visible su altura será negativa.

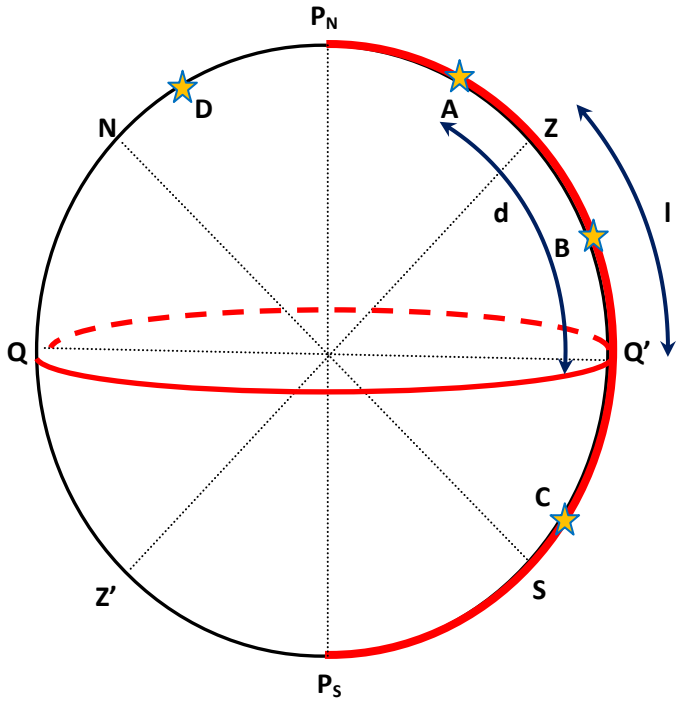


Fig. 1.8.6

La ***altura máxima*** de cualquier astro se produce cuando el astro se encuentra en la ***culminación*** del meridiano superior del lugar, denominándose en ese instante a la altura, ***meridiana***.

Cuando esto ocurre ***no existe triangulo de posición*** al ser los tres vértices un circulo máximo lo que hace que sea mucho más sencillo el cálculo de la latitud.

1.9.- CONSTELACIONES

Para la astronomía, una ***constelación*** (este término deriva del latín ***com*** que significa reunión y ***stelar*** cuyo significado es brillante) no es otra cosa que una ***agrupación de estrellas*** que unidas mediante líneas imaginarias toman la forma de figuras, las cuales se proyectan sobre la tierra desde la esfera terrestre. Estas estrellas durante siglo han mantenido casi inmutable. Los nombres de la mayoría de estas constelaciones fueron dadas por los habitantes de los pueblos que habitaban las diferentes regiones asignándoles nombres mitológicos o bien de animales, así por ejemplo ***Orión, Casiopea, Andrómeda*** o ***Tauro, Osa Mayor, Osa Menor, Can*** etc.. Estas constelaciones la podemos separar en ***dos grandes grupos*** en función del hemisferio donde se encuentran: las ***septentrionales*** en el hemisferio norte y las ***australes*** en el sur.

Para identificar cada estrella que la formaban comenzó también a dar nombres propios a las estrellas que formaban estas constelaciones y principios del siglo XVII se comenzó a asignarle una letra griega en función de su brillo (la letra ***alfa era la más brillante***, a continuación beta, etc…..).

Muchas de estas constelaciones y consecuentemente las estrellas que la forman son importante para la navegación astronómica, por lo que su localización es vital para realizar los cálculos que nos permitirán conocer las situación estimada en un momento determinado. Dentro del catálogo de estrella del Almanaque Náutico son 99 las, que o bien con su nombre propio o bien con el nombre de la letra griega asignada más el nombre de la constelación, se utilizan para realizar los cálculos astronómicos referidos.

1.9.1.- Formas de identificar: Estrella Polar, Cruz del Sur, Osa Mayor, Casiopea y Orión

1. **<u>ESTRELLA POLAR</u>:** es una estrella ***situada en el hemisferio norte justo al extremo de la cola de la osa menor*** siendo por lo tanto una de las siete estrellas que la forman. Actualmente se encuentra muy cerca del eje de rotación de la Tierra, es decir muy cerca del polo norte verdadero (a menos de 2º grados). Su localización es sencilla una vez tengamos localizadas bien la ***Osa Mayor*** (también llamada ***el carro***) o bien ***Casiopea***.

   Desde la ***Osa Mayor*** o el carro prolongando ***cinco veces la distancia de la parte trasera del carro,*** formada por las estrellas ***Dubhe*** y ***Merak*** nos llevará a la ***polar***. También prolongando la segunda estrella de la lanza del carro, llamada ***Mizar***, podemos identificar a la polar (fig. 9.1)

   También utilizando ***Casiopea***, constelación formada por cinco estrellas que toman forma de **W** o de **M** dependiendo el momento y el lugar. ***Trazando las bisectrices*** tal como indica la fig. 9.2 también se puede localizar la ***estrella polar***.

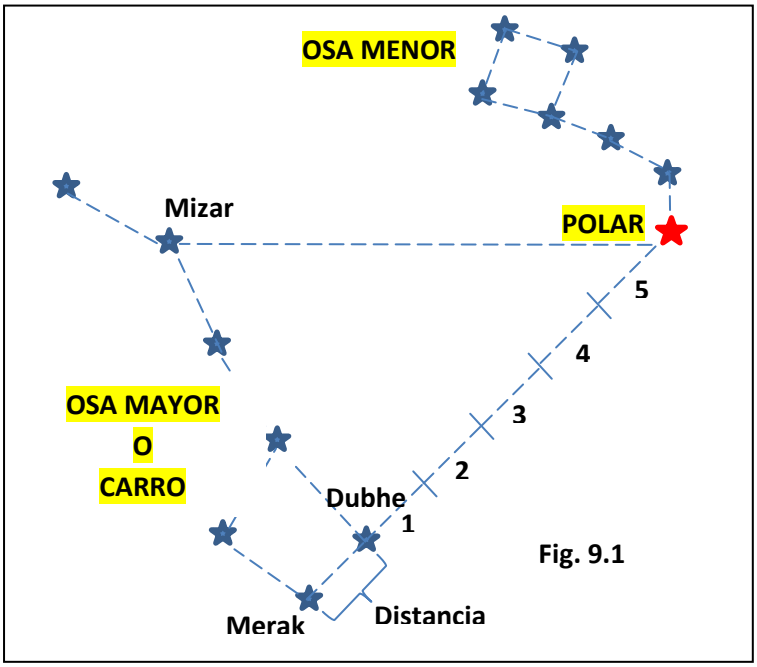


Fig. 9.1

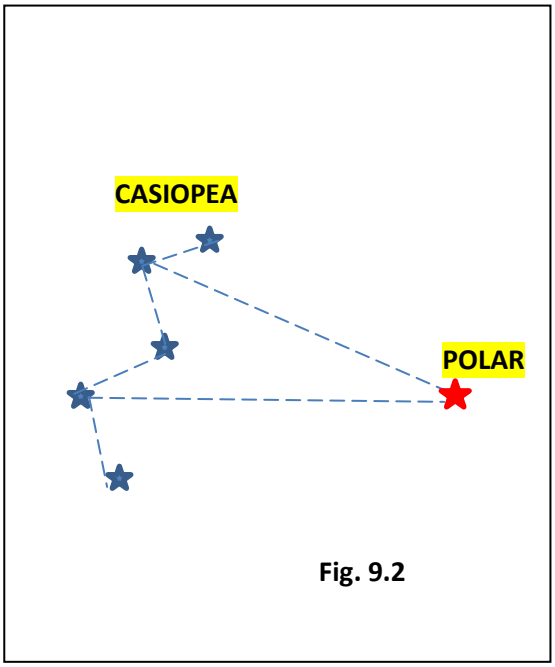


Fig. 9.2

2. **<u>CRUZ DEL SUR</u>** : al igual que en el hemisfrerio Norte utilizamos la polar para saber donde se encuenrtra el norte, para el polo sur se utliza la cruz del sur con objeto de indicarnos la dirección en la que tendremos el polo sur. Se encuentra a una distancia del polo sur muy parecida a la que se encuentra la Osa Mayor del polo norte. Su localización se realiza prolongando ***cuatro veces y media en línea recta el eje principal de la cruz***, partiendo de su estrella ***Acrux*** (la más brillante). Sus estrellas principales son: ***Acrux, Mimosa y Gacrux*** (fig.9.3)

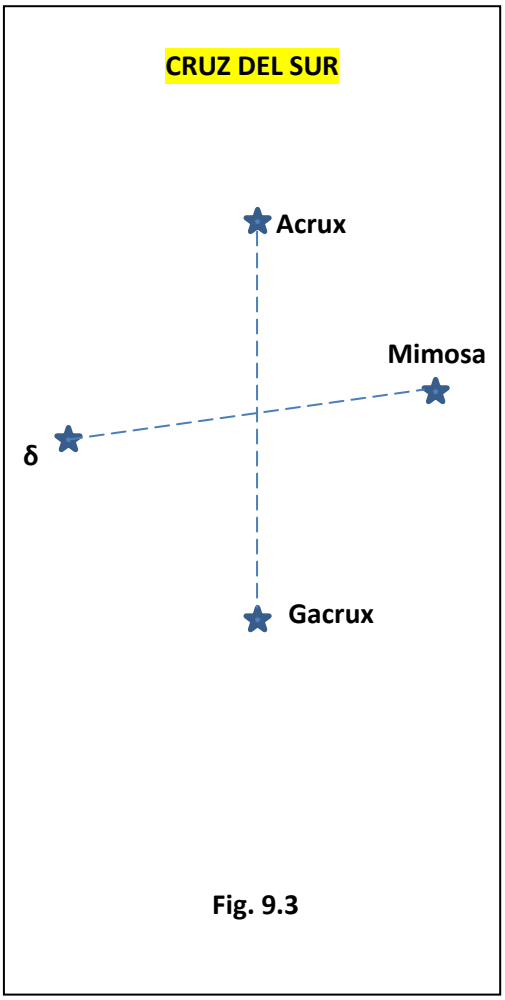


Fig. 9.3

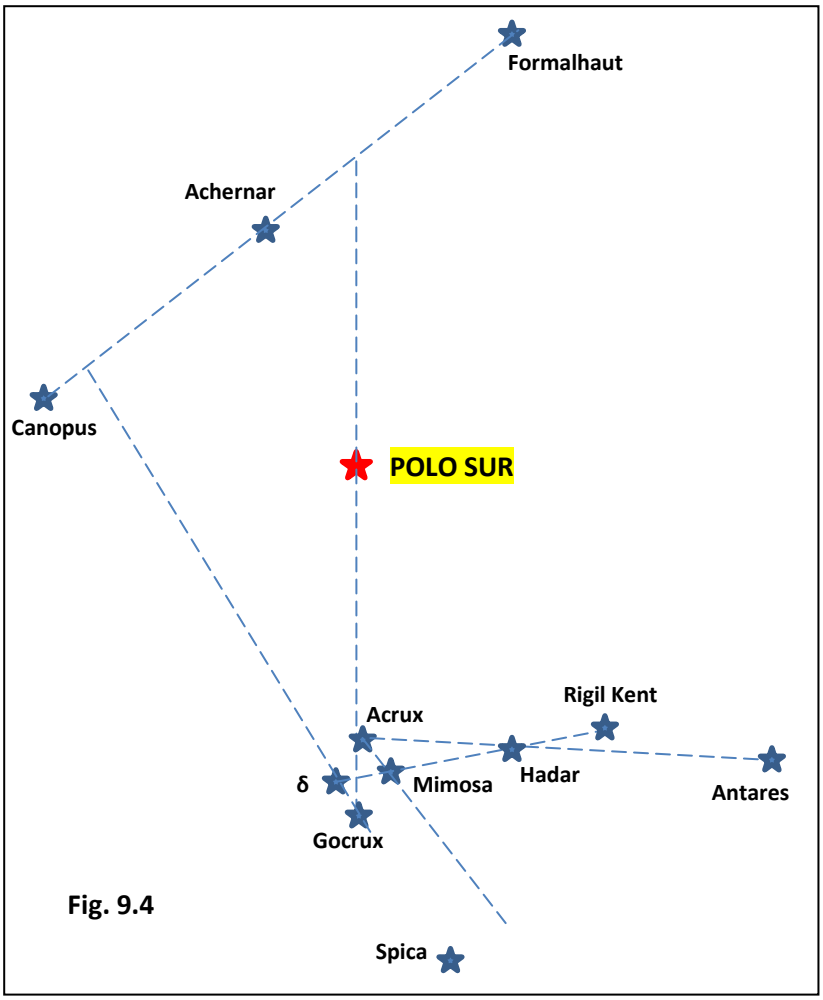


Fig. 9.4

Para su localización (fig.9.4), podemos realizar las siguientes enfilaciones

Si prolongamos ***Acrux con Mimosa*** dicha prolongación pasara muy cerca de ***Spica*** estrella de 1ª magnitud (muy brillante) perteneciente a la constelación de Virgo.

Si ahora prolongamos el brazo pequeño de la cruz, ***δ con Mimosa*** llegaremos a ***Hadar*** también muy brillante y perteneciente a la constelación de Centauro y a continuación a ***Rigil Kent*** la más brillante de la constelación de Centauro.

La prolongación de ***Acrux con Hadar*** nos lleva hasta ***Antares*** la más brillante de la constelación de Escorpio.

La prolongación de ***Gocrux con Acrux*** pasa por el ***Polo Sur*** y si la prolongamos muy cerca de ***Achernar*** también muy brillante (1ª magnitud) y perteneciente a la constelación de Eridanus.

La prolongación de ***Gocrux con δ*** nos lleva hasta ***Canopus***, estrella perteneciente a la constelación de Carina y que es la segunda más brillante del cielo tras Sirius.

Por ultimo la prolongación de ***Canopus con Achernar*** nos lleva hasta ***Fomalhaut*** la más brillante de la constelación de Piscis

3. **<u>OSA MAYOR</u>:** también se conoce como ***"Carro Mayor"***, se compone de ***siete estrellas***, ***cinco*** con nombre propio: ***Aliot, Dubhe, Mizar, Merak y Alkaid (Benetnasch***) y dos de 3ª magnitud ***(δ y ϒ)***. Aunque algunas enfilaciones para su reconocimiento ya se han visto en el punto 1, podemos observar también las siguientes (fig.9.5):

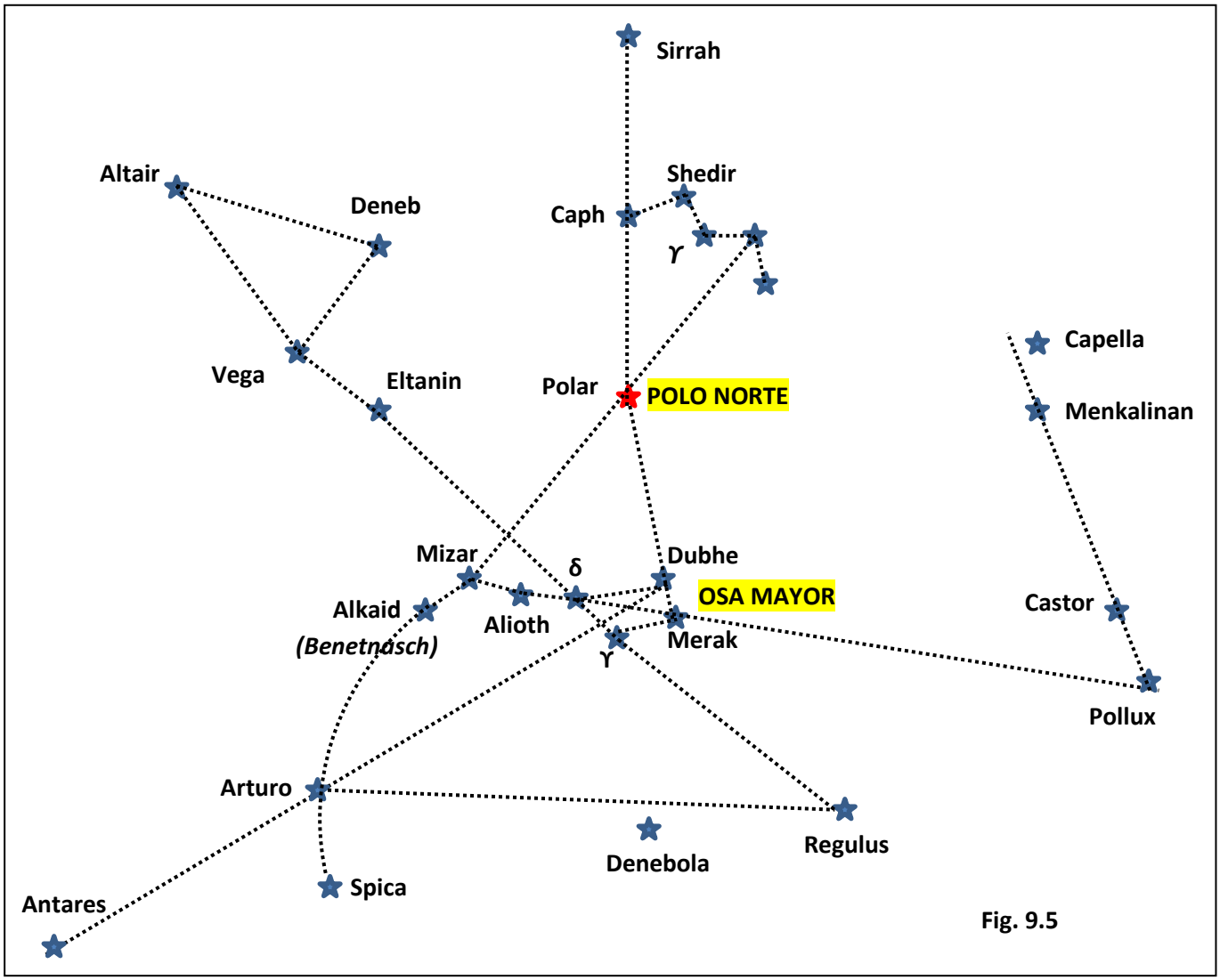


Fig. 9.5

En primer lugar podemos observar como ***siguiendo la curvatura*** de las dos últimas de la lanza del carro ***Mizar y Alkaid*** nos encontramos primero con ***Arturo*** de la constelación Bootes o El Boyero y a continuación con la ya conocida ***Spica*** de la constelación de Virgo. Prolongando ***cinco veces la distancia entre Merak y Dubhe*** nos encontramos con la ***Polar.***

Prolongando la ***enfilación de δ con ϒ*** nos encontramos con ***Regulus*** la más brillante de la constelación de Leo. Esta misma enfilación por su parte superior nos lleva hasta ***Eltanin*** la de mayor brillo de la constelación del Dragón, y siguiendo un poco más arriba hacia ***Vega*** (fue la polar 12.000 a.C. y lo volverá a ser en el 13.000 d.C.) perteneciente a la constelación de Lira y que junto con ***Deneb*** y ***Altair*** forman el famoso triangulo de verano.

Prolongando la diagonal de ***δ con Melkar*** nos encontramos con ***Pollux*** de y muy cerquita a ella ***Castor*** las más brillante de la constelación de Géminis.

La prolongación de la ***enfilación entre Dubhe y Arturo*** pasa por ***Antares*** como antes hemos indicado la más brillante de la constelación de Escorpio.

La ***unión de Regulus y Arturo*** pasa muy cerca de ***Denébola*** de la constelación de Leo.

La ***prolongación de la unión de Pollux con Castor*** nos hace llegar hasta ***Menkalinan*** la segunda estrella más brillante de la constelación de Auriga y muy cerca de la más brillante de esta misma constelación ***Capella.***

4. **<u>CASIOPEA</u>**: formada por ***cinco estrellas*** (fig.9.6) que forman un **W** (cuando está baja) o una **M** (cuando está alta). Su importancia está en que la bisectriz de cualquiera de sus dos ángulos pasa por la Polar por lo que su principal función dentro de la navegación es encontrar el Norte. El nombre de sus estrellas son : ***Caph, Shedir, Cih, Ruchbab y Segin***. Tiene al otro al carro de la Osa Mayor

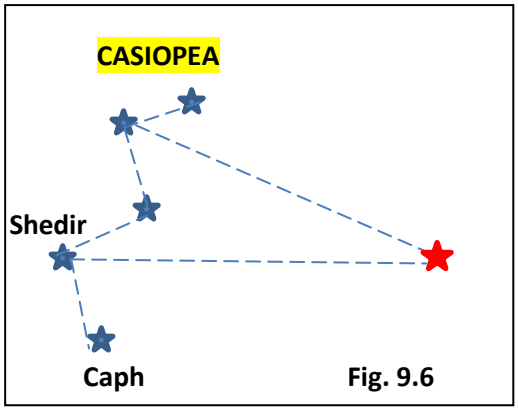
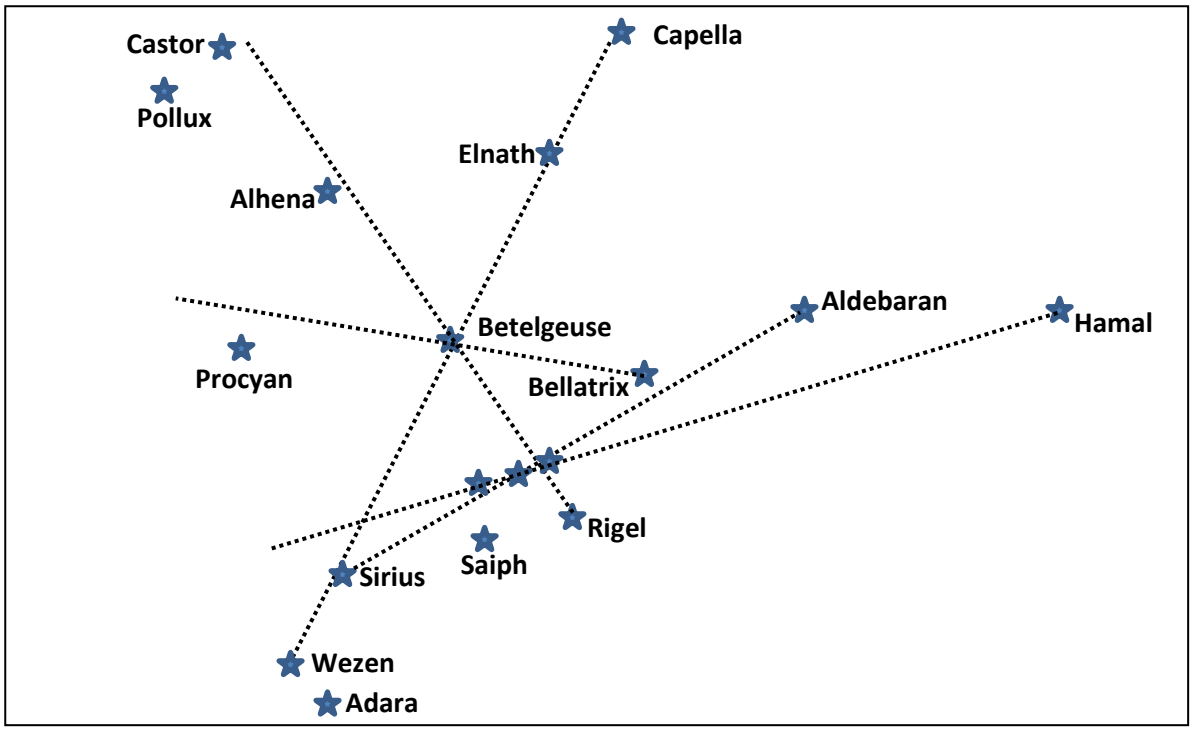


Fig. 9.6

5. **<u>ORIÓN</u>**:

Sus principales enfilaciones son:

- La ***prolongación de las Tres Marías*** hacia el hemisferio Sur pasa ***muy cerca de Sirius*** (la más brillante de la esfera terrestre)
- La ***prolongación de la estrella central de la Tres Marías*** (***Alnilam***) hacia el hemisferio Norte pasa por ***Aldebarán***
- La ***prolongación de Sirius con Betelgeuse*** pasa cerca de ***Elnath y de Capella***
- La línea de las Tres Marías también al hemisferio Norte pasa ***cerca de Hamal***
- La ***prolongación de Rigel y Betelgeuse*** pasa muy ceca de ***Alhema*** y después de ***Castor***
- La prolongación de Betelgeuse con Sirius pana por ***Wezen*** y muy cerca de ***Adara***



Es quizás más conocida del cielo. Sus estrellas brillantes y visibles desde ambos hemisferios hacen que esta constelación sea reconocida universalmente. Es visible ***a lo largo de toda la noche durante el invierno en el hemisferio norte y en verano en hemisferio sur***.. Es ***la única que tiene 6 estrellas con un brillo superior a magnitud 2.*** En el centro de la constelación se encuentran ***3 brillantes estrellas*** (***Alnitak, Alnilam y Mintaka***) llamadas popularmente ***"las tres Marías",*** que forman el cinturón del cazador que representa.

1.10.- MEDIDA DEL TIEMPO

El concepto de **tiempo** es intuitivo, por lo que podría considerarse como una sujeción ordenada de un fenómeno en el mundo sensible. Estos fenómenos de manera ordenadas se dan de una manera clarividente, en los fenómenos **astronómicos,** como por ejemplo en las ***salidas y los ocasos del sol***, las ***fases de la Luna***, conjunciones de algunos planetas etc... Hay dos conceptos fundamentales y muy diferentes en el tiempo:

- ***Época***: ***momento*** en el que se realiza un hecho (nacimiento de Cristo, guerra mundial…)
- ***Intervalo****:* el ***tiempo que transcurre*** entre dos épocas

Para el intervalo ***se puede tomar como referencia cualquier astro***, y cualquiera de ellos puede valer para medir el tiempo llamándose ***tiempo del "x" (nombre del astro)*** existen pues tantos tiempos como astros queramos utilizar para su medida siendo esta, es decir su ***intervalo que transcurre entre dos pasos consecutivos del astro por el meridiano del lugar*** lo que denominamos: día ***de un astro****.*

- Cuando el astro considerado es el primer punto de ***Aries*** se demoniza ***día sidéreo***
- Cuando es el ***Sol real*** es ***día verdadero***
- Cuando es el ***Sol medio*** es ***día civil***
- Cuando es la ***Luna*** es día ***lunar***

Todos estos días ***son diferentes debido al resultado de rotación aparente de la esfera celeste***

Dado que es el ***Sol*** el astro más importante para el desarrollo de la vida humana, es este el astro de ***referencia para la medida del tiempo*** , siendo sus principales unidades el ***día*** como el tiempo ***que transcurre en girar la Tierra sobre sí misma con relación al Sol****,* ***año*** el tiempo que aparentemente ***tarda el Sol en cubrir la elíptica****, e*tc. etc..

Los días solares no son uniformes, por lo que para que cada día no tuviera una duración diferente se tomó como referencia un Sol ***imaginario*** al que se le denomina ***Sol MEDIO*** el cual ***recorre el ecuador celeste en el mismo tiempo que el Sol verdadero recorre la elíptica***, pero lo hace a ***velocidad constante***, por lo tanto el día que regula este sol medio tiene la misma duración siendo el promedio de todos los días solares del año.

Hay una correspondencia entre el ***intervalo*** (24 horas que tarda la tierra en girar sobre si misma) y los ***360º que la Tierra gira en el transcurso del mismo*** y es la siguiente:

360º/ 24 HORAS = G (arco) / H (intervalo) 15º = G/H

G= H x 15 ; H = G/15

Ejemplo 1: Convertir 3 hora 25 minutos 13 segundos en arco

G = 3h 25m 13s x 15 = 45º 375' 195'' **= 51º 18' 15''**

Ejemplo 2: Convertir en tiempo 92º 27' 38''

G = 92 27 38 / 15 = **6 horas 9 minutos 50,5 segundos**

El ***día comienza al pasar el Sol medio frente al meridiano INFERIOR o ANTIMERIDIANO*** y cuando pasa por el meridiano el lugar se dice que es **mediodía,** siendo este el denominado **DÍA CIVIL** el cual se puede considerar como el intervalo que transcurre entre el paso de dos veces consecutivas del Sol por el meridiano del lugar.

Podemos imaginar que el Sol medio gira alrededor de la Tierra como si estuviera en el extremo de una aguja horaria, y esta esfera dividida en 24 parte. Su giro alrededor de la Tierra determina para los observadores **O** y **O'** el comienzo de sus respectivos días (Fig.10.1)

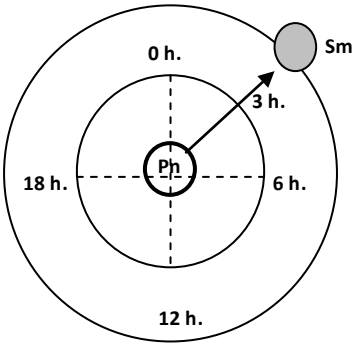
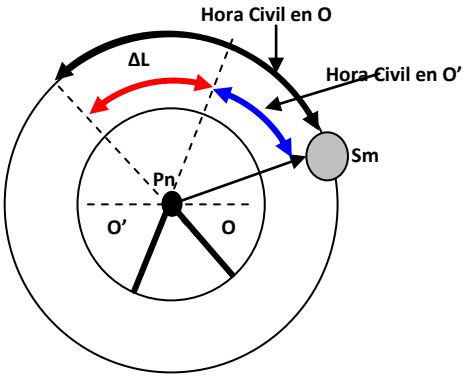


Fig. 10.1



El comienzo de estos días ***está separado*** por un **intervalo igual a la diferencia de longitud entre ambos expresado en TIEMPO**, siendo ***esta la diferencia de horas civiles entre ambos a cualquier hora del día***

HcL de O - HcL O' = Δ L

Ejemplo*: En Génova L = 008º 55'E son las HcL = 10 horas 20 minutos 10 segundos ¿en ese mismo instante que hora civil tendrán en La Habana, sabiendo que se encuentra situada en L = 082º 22' W?*

*Las Longitudes al **E (-)** para cálculos son negativas y las **W (+)** son positivas*

*- 008º 55' E – (+ 082º 22' W) = 91º 17' -> pasada a tiempo **6 horas 5 minutos 8 segundo***

Como La Habana esta al Oeste de ese punto habrá que restar a la Hora Civil de Génova para saber qué hora Civil tiene en ese momento:

*10 horas 20 minutos 10 segundos - 6 horas 5 minutos 8 segundos = **4 horas 15 minutos 2 segundos***

10.1.1.- Definición de: Tiempo Universal, Hora Civil del Lugar, Hora legal, Hora Oficial, Fecha del meridiano de 180º, Línea internacional de cambio de fecha

a) ***Tiempo Universal (TU)***: A la Hora Civil en el meridiano de Greenwich se lo conoce por la hora de ***Tiempo Universal*** **(UT)**, acordándose utilizar internacionalmente este para usos ***astronómicos***, siendo esta hora es la que está referida el ***Almanaque Náutico de Efemérides, Libro de Anual de Mareas*** ….. La diferencia entre la **HcG** y la **HcL** de un meridiano dado, en un mismo instante, ***es su longitud expresa en tiempo***

HcG = HcL + L (pasada a tiempo)

(Dando signo **–** a las longitudes **E** y **+** a las **W)**

Ejemplo: *En Buenos Aires, cuya L = 058º 22' W son HcL = 9 horas 23 minutos, en ese preciso instante cual será la HcG*

L = 058º 22' /15 = 3 horas 53,5 minutos -> como está al W se sumara

HcG *= HcL + L (pasada a tiempo) = 09 horas + 3 horas 53,5 minutos = **13 horas 16,5 minutos***

Ejemplo: *A la hora Civil de Greenwich 22 horas 30 minutos del día 20 de Noviembre, cuál será la hora Civil que habrá en Manila y que día sabiendo que se encuentra a L=121º E*

L = 121 /15 = 8 horas 4 minutos -> al ser E será negativo

HcG *= HcL + L ;* ***HcL*** *= HcG – L (pasada a tiempo) = 22 h 30 m - (- 8 h. 4 m.) = **06 horas 34 minutos día 21***

b) ***Hora civil del lugar*** **(HcL):** Es el ***tiempo que hace que pasó el SOL MEDIO frente al meridiano inferior del lugar***. Al ser del lugar entra en función la ***longitud del mismo*** y como referencia para medirla se toma el ***meridiano cero o de Greenwich***.

c) ***Hora legal u Hora huso***: cuando se adopta que el tiempo, u hora Civil estaría regulado en función del meridiano, resultaba que en un área muy pequeña se utilizaban horas civiles que podían diferir entre sí intervalos relativamente pequeños. Con el desarrollo de los transportes la aplicación de esta hora resultaba inadecuada, ya existían ***múltiples horas locales***. Esto llevo a que, por un Convenio Internacional, se estableciera la ***hora legal.*** Para ello se consideró a la Tierra dividida en ***24 zonas o husos esféricos***, formados cada uno de ellos por una amplitud e **15º** (1 hora), considerando ***zona o huso cero al que tiene por meridiano central al de Greenwich*** y a la hora, con límite de ***7,5º al E y 7,5º al W*** a la ***Hora Civil de Greenwich***, a al resto de las zonas o husos al de la ***HcL correspondiente a su meridiano central***, cuyas longitudes son ***múltiplos de 15*** , por lo que sus horas difieren ***UN NUMERO ENTERO*** del de Greenwich y que a su vez les identifica.

Dentro de una misma zona la mayor diferencia que puede existir entre la ***Hora Civil del Lugar*** y la ***Hora Legal u Hora Huso***, es de ***media hora*** ya que se extiende 7,5º a cada lado (15º igual a una hora). Por lo tanto:

HcG = Hz + Z

(Las zonas E serán – y la W +)

Las zonas horarias ***no están todas dentro de los límites de los husos***, sobre todo cuando pasan por continentes, ya que se utilizan las ***líneas de sus costas*** o de sus ***fronteras***, como por ejemplo en el NW de España.

Para saber la zona en donde se encuentra el buque en el océano basta con **dividir su longitud por 15**, y el **cociente en números enteros dará la zona**, con la particularidad que si los **minutos resultante son más d 30**, se deberá **sumar UNO al resultado**, por ejemplo 100º 45' /15 = 6º 43', este sería igual al **HUSO 7**

> ***Ejemplo****: al ser HcG = 10 h. 30 m., un buque navegando por latitud 069º 25' E ¿Qué hora tendrá?*
>
> *69º 25'/15 = 4º 37' por lo que al ser mayor de 30' se sumara uno. La zona es la zona 5 (4 + 1)*
>
> *HcG = Hz + Z; Hz = HcG – Z;* ***Hz*** *= 10 h. 30 m. – (- 5) =* ***15 h. 30'***

d) ***Hora Oficial*** **(HO)**: es la ***establecida por el Gobierno de una Nación***. Tiene que diferir ***en horas ENTERAS de la Hora legal*** y sus razones son puramente ***económicas o políticas***. La **Hora Oficial** en España está adelantada ***1 hora respecto a la hora zona que le corresponde***, y además en verano rige la ***hora de verano*** que supone ***otra más de adelanto.***

HORA RELOJ BITÁCORA (HRB)

Así se ***denomina la hora con la que se rige la vida a bordo***, siendo, en los buques que realizan travesías transoceánicas, en los que se navega a lo largo de longitudes muy diferentes, la ***hora legal***. Navegando hacia el ***Este*** *se deberá de ir* ***adelantando***, mientras que si se navega hacia el ***Oeste*** *se tendrá que ir* ***atrasando,*** está operación se realiza por regla general a media noche para no afectar mucho a la vida de abordo.
Cuando los buques cumplen su servicio en aguas territoriales ***su HRB es la Hora Oficial***.

e) ***Fecha del meridiano 180º:*** es el meridiano que forma un ángulo de 180° con respecto al Meridiano de Greenwich siendo común para la longitud Este u Oeste siendo este el punto que se usa para el ***cambio de fecha.***

f) ***Línea internacional para el cambio de fecha:*** Tal como se ha indicado en el punto anterior esta línea es el meridiano de los 180º. Anteriormente se ha deducido que

HcG = Hz + Z, y en consecuencia:

Hz = HcG – Z

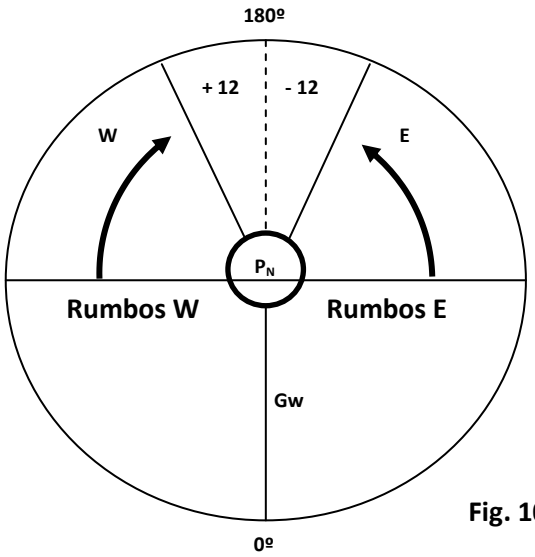


Fig. 10.2

En el caso de la zona 12, el meridiano de los 180º la divide en dos partes, a la oriental le corresponde el **-12** y a la occidental el **+12** (Fig.10.2). En un día cualquiera, al ser HcG = 12:00, a la ***mitad oriental*** le corresponde:

Hz = 12:00 – (-12) = 24:00

Y la otra mitad ***occidental*** le corresponderá:

Hz = 12:00 – (+12) = 00:00 del **mismo día**

Es decir existe entre las dos mitades de la zona ***una diferencia de una fecha***, por lo que cuando lo crucen con rumbo hacia el **Oeste** (W) será de ***adelanto*** y de ***atraso*** cuando lo crucen hacia el **Este** (E).

1.11.- PUBLICACIONES NÁUTICAS

Reciben el nombre de Publicaciones Náuticas todas aquellas publicaciones que estén relacionadas con la mar y principalmente aquéllas que sirven de orientación para facilitar la derrota del barco. Las principales son las que a continuación se indican.

A) CARTAS: Son los planos en los cuales se ha representado la superficie terrestre de la zona que abarquen. El cometido inicial de las mismas era facilitar el trazado de la derrota más conveniente a seguir y obtener la situación del barco en un momento dado. En ellas vienen representados los lugares de la costa más destacados y fácilmente identificables; por lo que se refiere a la mar, se indican las profundidades, conocidas con el nombre de sondas, así como la calidad de los fondos; también indican los peligros de la navegación que deben ser evitados, etc.

Además de las cartas normales de navegación, se publican otras conocidas con el nombre de Decca, Loran, porque en ellas vienen señalizados los diferentes lugares geométricos que sirven para obtener la situación empleando las líneas de posición correspondientes a las obtenidas con los instrumentos de radionavegación.

Se editan cartas en blanco que sirven para trabajar en ellas y determinar la situación del barco deducida por observaciones astronómicas.

Para el trazado de derrotas ortodrómicas se publican cartas gnomónicas.

Asimismo, se editan cartas magnéticas (declinación, intensidad, inclinación), de pesca, de hielos, y las generales del globo que no son útiles para la navegación, pero pueden servir para deducir la derrota más conveniente a seguir.

En España, es el Instituto Hidrográfico de la Marina la entidad que edita las cartas para la navegación, también publica Rosas de Maniobras, la publicación de signos convencionales, cartas Decca, cartas meteorológicas, y una carta mercatoriana en blanco, que corresponde desde el paralelo 61°N al 61°S.

B) DERROTEROS: Son los libros que literalmente describen la zona de costa que les corresponde muy detalladamente, indican los peligros que ofrece la navegación tanto en la zona costera como la marítima. En ellos se indica las radas y puertos que ofrecen abrigo a los buques para los temporales.

En los derroteros se relata el régimen atmosférico que prevalece en la zona de costa comprendido por el mismo, así como la dirección e intensidad de las corrientes marinas.

Con frecuencia figura en los mismos las instalaciones y facilidades que podrán encontrarse a la llegada a puerto para, por ejemplo, efectuar ciertas reparaciones o adquirir provisiones.

En los derroteros figura un índice en el que constan todos los nombres destacados de la costa o de la mar, indicando la página donde se detallan.

C) LIBROS DE FAROS: Son aquéllos en los que consta el nombre del faro, características de la luz, señal de niebla, posición geográfica (latitud y longitud), y también se describe en los mismos la forma del faro, material de construcción y color en que está pintado.

En estos libros, la inserción de faros se hace siguiendo la dirección de la costa. Los principales están inscritos en negrita. En el índice se indica el número que le corresponde al faro y la página donde se detallan las características de los mismos.

D) AVISOS A LOS NAVEGANTES: Esta publicación se edita cada semana. En España los edita el Instituto Hidrográfico de la Marina. En ellos se insertan todas las novedades que han ocurrido durante la semana anterior y que pueden interesar a los navegantes.
Cuando estos avisos están relacionados con los datos que figuran en las cartas, se indica en ellos las cartas que quedan afectadas y que deben ser corregidas.

En los avisos a los navegantes se indica asimismo las cartas caducadas y las de nueva publicación, advirtiendo las correcciones que se deben hacer en el catálogo de cartas.

Entre las novedades que se publican en los Avisos a los Navegantes, figuran anormalidades que existen en el funcionamiento de un faro, instalación de nuevos faros, señalando las características de los mismos. Se indican en ellos las derrotas más convenientes que se deben seguir en zonas muy concurridas por la navegación, según acuerdo adoptados por las autoridades marítimas, a fin de disminuir los abordajes. Asimismo se publican los derrelictos avistados y que constituyen un peligro para la navegación.

Los avisos a los navegantes afectan a cartas, libros de faros, etc. A fin de que sean verdaderamente útiles a la navegación, se recomienda que todos los navegantes pongan en conocimiento de la Autoridad de Marina todas las anormalidades observadas en su navegación, especialmente las habidas en el funcionamiento de faros, radio faros, derrelictos, y cualquier variación observada en relación a los datos que figuran en las cartas.

E) LIBROS DE CORRIENTES: Constan de una serie de planos reunidos, en los que están dibujadas las costas y la dirección e intensidad de corrientes generales de los libros donde se especifican la dirección e intensidad de la corriente deducida de la resultante de la corriente general y de la corriente de marea.
El libro principal de estas corrientes es el que se emplea a partir del Canal de la Mancha hacia el norte, que abarca todos los mares del Reino Unido y Mar del Norte, incluidas las costas de Noruega. Este libro tiene 12 planos relacionados con el momento de la Pleamar en Dover, indicando, para los distintos lugares, la dirección e intensidad de la corriente y las horas de diferencia con la hora de la pleamar en Dover. Los que navegan por esta zona, siempre tienen a la vista dicho libro de corrientes para efectuar la navegación con la mayor seguridad posible.

F) ANUARIO DE MAREAS: Son libros editados por los distintos países, donde constan las horas y alturas de mareas durante todos los días del año, para los puertos principales, horas y alturas de marea que se calculan por el método de las constantes armónicas.

Incluyen también una lista de puertos secundarios para los que se indica cuál de los principales es su puerto patrón y la diferencia en hora y altura de marea entre ambos, patrón y secundario.

Ofrecen la posibilidad de determinar la altura de marea en un momento determinado o el caso inverso: la hora a la que tendremos una altura de marea determinada.

G) CATÁLOGO DE CARTAS: El Catálogo de cartas tiene por objeto facilitar la búsqueda de la carta que precisamos en un momento dado, o de las cartas más convenientes para realizar un viaje determinado. Se editan por los servicios hidrográficos de los distintos países. Este catálogo consta de tres partes: la primera está formada por una serie de páginas gráficas correspondientes a distintas zonas, en las que se marcan las cartas náuticas de dicha zona, indicando la numeración de las mismas. Cuando la línea del recuadro es a trazos, indica que corresponde a una carta que se publicará por primera vez en un plazo no superior a cinco años.

La segunda parte corresponde a otras publicaciones, en la que figuran datos y gráficos de otras publicaciones editadas por el Instituto Hidrográfico (derroteros, libros de faros, cartas decca, etc.)

La tercera parte incluye un índice numérico de las cartas náuticas, un índice alfabético de las mismas y un índice alfabético de los cartuchos insertos en las cartas náuticas.

Las cartas se organizan a bordo archivándolas en los cajones que con dicho destino se instalan en el cuarto de derrota. Lo más cómodo y sencillo es archivarlas por orden correlativo, para lo que es útil poner al dorso de las mismas la numeración con cifras de tamaño apreciable. Esta operación facilita su localización.

Cuando a bordo haya cartas de distintos servicios hidrográficos, conviene guardarlas separadamente las que correspondan a cada servicio. Además de los catálogos editados por los servicios hidrográficos, conviene hacer un inventario de las que disponemos a bordo, indicando el lugar donde están archivadas, para facilitar su búsqueda.

H) LIBROS DE RADIO-SEÑALES: Los libros de radio-señales son aquéllos donde están insertas todas las estaciones que emiten señales útiles para la navegación. En el mismo figuran los nombres de las estaciones, situación, señal característica de la emisión, horas de emisión, longitud de onda en que transmite las señales, potencia de la estación, así como cualquier dato útil que le pueda servir al navegante

I) OTRAS PUBLICACIONES: A bordo se llevan también otras publicaciones distintas de las mencionadas, entre las más importantes podemos citar: Código Internacional de Señales, Reglamento de Balizamiento, Reglamento para Prevenir los Abordajes en la Mar, Tablas Náuticas, Tablas de azimutes, Rosas de Maniobra, Almanaque Náutico, claves meteorológicas para el cifrado y descifrado de partes meteorológicos, Señales visuales de temporal y puerto, Cuaderno de Bitácora o Diario de Navegación

1.11.1.- Organización de la derrota: Pilot Charts

El Servicio Hidrográfico de E.E.U.U. edita cada mes *Pilot Charts* del Océano Atlántico Norte, de mares de la América Central, del Océano Pacífico Norte y del Océano Índico; cada trimestre del Océano Atlántico Sur y del Océano Pacífico Sur. En estas publicaciones se indican los datos hidrográficos, marítimos y meteorológicos que puedan ayudar al marino a elegir la derrota más conveniente.

En ellas se indican los vientos que reinaron durante el mismo mes en años anteriores, corrientes, presión atmosférica, porcentaje de temporales, calmas o nieblas, la presencia de hielos u otros peligros, la declinación magnética para cada grado y su variación anual. En ellas están dibujadas las derrotas más convenientes para barcos de propulsión mecánica y veleros.

1.12.- EL SEXTANTE

1.12.1.- Funcionamiento básico

Es un instrumento portátil marino que se utiliza para medir ángulos con precisión entre dos puntos. Su arco vale aproximadamente la sexta parte de una circunferencia, aunque es capaz de medir ángulos de hasta 120º o incluso más. Su principal función es la de medir los cuerpos celestes sobre el horizonte del mar, es decir medir las alturas verdaderas a los astros (fig. 1.12.1.1). También se utilizan para medir las diferencias de demoras entre dos puntos de la costa (ángulos horizontales)

Cuando navegamos a través del A.N., podemos calcular la posición estimada calculando el desarrollo del triángulo de posición. Ese cálculo nos dará ***una altura estimada*** la cual coincidirá con la ***altura verdadera*** siempre que la posición estimada sea la real, lo que la mayoría de las veces no sucede por lo que tendremos que corregir nuestra situación estimada en función de la altura verdadera.

Básicamente se trata de una armadura sobre la cual se instalan dos espejos y un visor

El espejo pequeño, también denominado ***espejo de horizonte*** es fijo y perpendicular a la armadura. Este espejo tiene la característica de ser semitransparente, es decir que a la vez que refleja la luz que en incide también deja ver lo que hay tras de él.

El otro espejo, el denominado espejo grande o ***espejo de índice*** está sujeto a la alidada de manera perpendicular de manera que gira sobre el eje cuando la alidada se mueve en torno al ***limbo*** (escala).

Su funcionamiento es el siguiente:

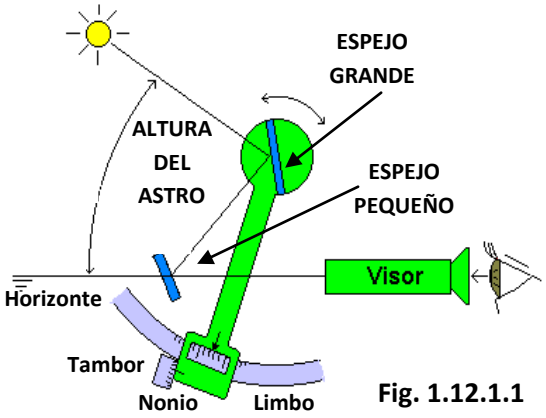


Fig. 1.12.1.1

Cuando se hace girar la alidada sobre la escala graduada o limbo y la imagen reflejada del cuerpo celeste (astro) coincide con la imagen directa del horizonte (la que se ve a través del espejo pequeño) la ***posición puede considerarse correcta***, por lo que podremos leer la altura del astro sobre la escala graduada del limbo.

El visor o telescopio se alinea con el ***espejo pequeño o de horizonte***, (fijo) cuya característica como ya hemos indicado es que es semitransparente: por una parte es transparente y es por donde visualizamos el horizonte directamente mientras la otra es donde se nos refleja la imagen que se ve en el espejo grande el cual es móvil y gira mediante la alidada reflejándose en él el astro u objeto que estemos observando. Al mover la alidada el ángulo entre ambos espejo cambia y podemos medir sobre el limbo la altura permitiendo el tambor y nonio ajustar la medida. Sobre el limbo se leen los grados y los minutos sobre el tambor micrométrico (fig.1.12.1.2)

Fig. 1.12.1.2

En la imagen observamos que la medida en el limbo sobrepasa los 65º y en el tambor del micrómetro a 37', a los que tendemos que añadir 40" debidos a la posición proporcional de la "línea de fe" con respecto a las marcas de 35 y 36 minutos teniendo en cuenta que estamos tratando en sexagesimales y está la línea de fe algo más avanzada de la mitad.

La medida será pues la ***altura instrumental*** (ai) que en este caso sería 65º 35’ 40’’.

Pata el caso que no exista error de índice está sería la ***altura observada*** (ao)

1.12.2.- Obtención del error de índice y su posible eliminación

Los sextantes, al igual que la mayoría de instrumentos de medida están sujetos a errores debidos a una construcción deficiente, a materiales de baja calidad o a defectos de ajustes que nos llevan a que los valores de altura que midamos sean erróneos.

Cuando ese error es debido a la falta de perpendicularidad de sus espejos y una vez realizados los ajustes necesarios (paralelismo, colimación etc...) queda un pequeño error residual que se le denomina ***"error de índice"*** el cual es importante conocer con objeto de poder realizar la corrección correspondiente al medir la altura del astro. Este error además se puede minimizar (ajustando la perpendicularidad de los espejos) para conseguir que sea lo más pequeño posible e incluso a veces eliminarlo.

Por esta razón no se debe nunca realizar una medición sin que antes se hayan ajustado los espejos y calculado cual el su error de índice debiendo hacerse para cada medición sobre todo si la calidad de los materiales no es buena o el tiempo transcurrido desde la última medición es considerable.

Como ya hemos comentado este error se debe a un paralelismo de los espejos cuando la alidada marca 00º 00' y aunque este paralelismo se puede corregir resulta más práctico aplicarle la corrección a la hora de tomar las medidas.

Para obtener el error de índice de un sextante ajustamos al 00º 00' y visualizamos el horizonte. Si lo observamos como la fig. 1.12.2.1 a) comenzaremos a girar el tambor micrométrico hasta que ambas imágenes se vean en una sola línea (fig. 1.12.2.3 b)). Ya solo basta con leer el error sobre el tambor micrométrico, el cual en la fig. 1.12.2.3 b) ***es de +2'*** y en el de la fig. 1.12.2.3 c) ***es de -2,5'***. Con relación a la alidada será positivo si está a la derecha del 0º y negativo si lo está a la izquierda.

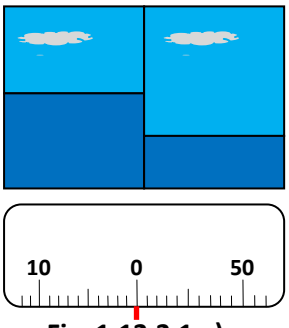


Fig. 1.12.2.1 a)

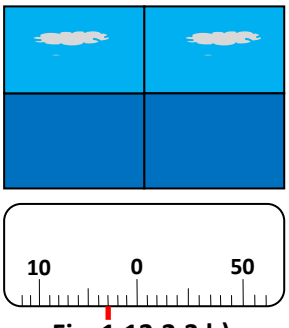


Fig. 1.12.2.3 b)

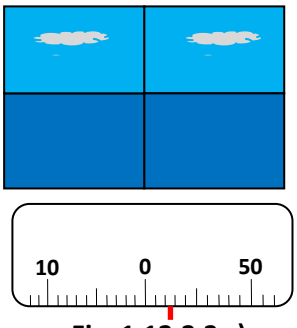


Fig. 1.12.2.3 c)

Podemos por lo tanto definir el error de índice como ***la separación angular entre el "cero" de la graduación del limbo y el punto donde debería encontrase***, es decir el punto de paralelismo.

La corrección de índice se puede realizar por el horizonte, estrellas o Sol, siendo ***el procedimiento que más confianza puede darnos la corrección por el Sol.*** Para ello, y una vez puesta la alidada en cero y efectuado los ajustes de los filtros (sin ellos es peligroso realizar cualquier observación al Sol) veremos dos imágenes del astro, la directa (D) y la reflejada (R).

Con el tambor (o tornillo de ajuste) llevamos a tangentear el astro tal como indica la fig. 1.12.2.4 a), tomando nota del ángulo de graduación (debe ser pequeño) . De nuevo hacemos tangentear ambas imágenes pero en esta ocasión colocándolo al contrario, la imagen directa arriba y la reflejada abajo (1.12.2.4 b), y volvemos a tomar nota de la lectura. El error de índice es la semisuma de ambas lecturas:

$$ei = l_1 + l_2 / 2$$

Esto se puede comprobar dividiendo ambas lecturas por 4 teniendo que ser su resultado muy próximo al semidiámetro del sol en el día que efectuemos la medida, lo que se puede comprobar fácilmente en el almanaque náutico.

$$SM = l_1 - l_2 / 4$$

Lógicamente de ambas lecturas son de diferente signo habrá que sumarlas.

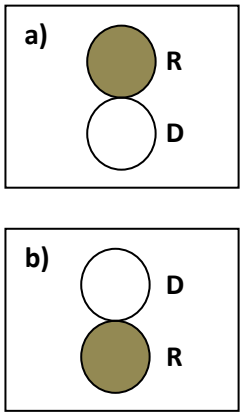


Fig. 1.12.2.4

1.12.3.- Como efectuar las observaciones

Una vez efectuados los ajustes necesarios, y calculado el error de índice, el enfoque del anteojo se realizara con el horizonte en el caso que sea de día y con una estrella para las horas nocturnas. En caso de reinar mal tiempo se procurara realizar las observaciones a sotavento para evitar los rociones en las lentes. Se deberán evitar lugares donde el aire este muy calentado para evitar el exceso de refracciones colocándose lo más alto posible cuando tengamos mala mar y así poder observar con más facilidad el horizonte mientras, que si existe mala visibilidad se realizara las observaciones de la parte más baja para disminuir la distancia al horizonte.

Las ***observaciones al Sol*** hay que realizarla siempre asegurándose que se han colocado los filtros correctamente. Una vez enfocado se baja el Sol dejando el limbo inferior sobre el horizonte para apreciar de es manera mejor el tangenteo. Para que la medición se realice en la misma vertical del Sol se realiza un giro (rotando lentamente la muñeca) describiendo el astro un arco (fig. 1.12.2.5)

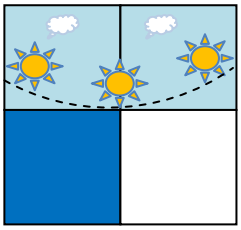


Fig. 1.12.2.5

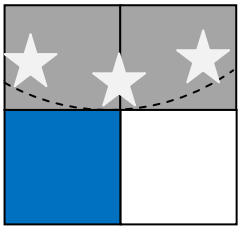


Fig. 1.12.2.6

Las ***observaciones a las estrellas*** se realizan preferentemente ***en los crespúsculos,*** ya que en ese momento el horizonte es visible. El procedimiento es parecido al del Sol (fig. 1.12.2.6)

1.12.4.- Cuidados mínimos

Se trata de un instrumento de precisión que por su fragilidad debe ser utilizado con sumo cuidado pues cualquier golpe o caída puede dañarlo de manera que la precisión requerida se vea afectada.

Su estiba debe ser en lugares que les protejan contra los golpes y siempre guardado en su caja. Cuando se coja para realizar una observación debe asirse por su empuñadura y no por la alidada para no se dañe esta. El punto de engranaje de la alidada (cremallera) se debe tener siempre lubricada bien con aceite o con vaselina.

Tras su utilización debe limpiarse (sobre todo si se ha mojado por los salpicones) con el máximo cuidado evitando utilizar productos corrosivos siendo muy importante la limpieza de los espejos con una gamuza o material especial que no lo arañen.

Capitán de Yate

CÁLCULOS DE NAVEGACIÓN

2.1.- RESOLUCIÓN ANALÍTICA DEL TRIANGULO POSICIÓN

2.1.1.- Conocida la latitud, declinación y horario del lugar calcular la altura estimada y el azimut náutico

a) Calculo de la altura estimada

Se trata del cálculo más común que se emplea para obtener la situación astronómica. En este caso conocemos del triángulo de posición los siguientes datos:

- La ***declinación que se toma del Almanaque Náutico*** en función de la hora de la observación, por lo tanto ***hay que conocer el astro***.
- La ***latitud,*** que por supuesto será estimada pero que no influye a la hora de realizar los cálculos astronómicos.
- El ***horario del lugar***, del cual tal como se explicó en 1.4.2.1 se puede obtener con facilidad el ***ángulo en el polo***. Así
  - Cuando el astro ***esta al Oeste*** **(W)** el **hl** es ***menor de 180º*** y entonces: ***Pw = hl***
  - Cuando el astro ***esta al Este*** **(E)** el **hl** es ***mayor que 180º*** y entonces: ***P_E= 360º - hl***

Para tener más claro los cálculos es importante dibujar la figura con los datos que se dispone y los datos a calcular (Fig. 2.1.1).

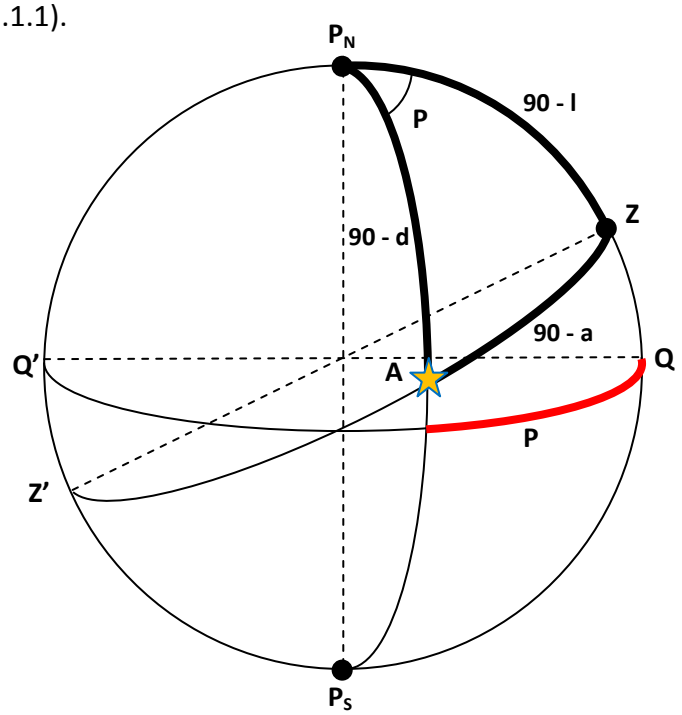


Fig. 2.1.1

Para la resolución de estos problemas se resolvían por funciones logarítmicas utilizando las ***Tablas Náuticas.*** Sin embargo tras la aparición de las calculadoras científicas este método ha sido sustituido por el empleo de estas. Utilizando la fórmula del coseno tendríamos que:

$$\cos(90 - a) = \cos(90 \pm d)\cos(90 - d) + \operatorname{sen}(90 \pm d)\operatorname{sen}(90 - d)\cos P$$

sustituyendo las funciones por sus complementarios tendremos que:

$$\operatorname{sen} a = \operatorname{sen} d \operatorname{sen} l + \cos d \cos l \cos P$$

De manera simplificada se puede expresar

$$\operatorname{sen} a = A + B$$

Siendo ***A negativo cuando la latitud y la declinación se encuentran en distintos hemisferios***
Siendo ***B negativo cuando el ángulo en el polo (P) es mayor de 90º***

Ejemplo 1:
Calcular la altura del astro conociendo que el observador se encuentra en l = 38º 20' N la declinación del astro 12º 17' S y horario del lugar 32º 22'.

Calculamos el ángulo en el polo (P) para disponer de los tres datos, en este caso el ángulo en el polo al ser el horario del lugar menor de 180º es igual al horario, por lo tanto

sen a = sen d sen l + cos d cos l cos P

sen a = A + B

A = sen d sen l = sen 12º 17' sen 38º 20' = - 0,13195
(Signo ***negativo al no coincidir la declinación y la latitud en el mismo hemisferio***)

B = cos d cos l cos P = cos 12º 17' cos 38º 20' cos 32º 22' = 0,64012

sen a = -0,13195 + 0,64012 = 0,50817

Altura estimada = 30º 32,5'

Ejemplo 2:
Calcular la altura del astro conociendo que el observador se encuentra en l = 44º 9,5' N la declinación del astro 12º 40' N y horario del lugar 336º.

Calculamos el ángulo en el polo (P) para disponer de los tres datos, en este caso el ángulo en el polo al ser el horario del lugar mayor de 180º es igual a 360º - 336º = 24º

sen a = sen d sen l + cos d cos l cos P

sen a = A + B

A = sen d sen l = sen 12º 40' sen 44º 9,5' = - 0,15275

B = cos d cos l cos P = cos 12º 40' cos 44º 9,5' cos 24º = 0,63944

sen a = 0,15275 + 0,63944 = 0,79219

Altura estimada = 52º 23,5'

Ejemplo 3:
Calcular la altura del astro conociendo que el observador se encuentra en l = 53º 44' N la declinación del astro 42º 20' N y horario del lugar 112º 4'.

Calculamos el ángulo en el polo (P) para disponer de los tres datos, en este caso el ángulo en el polo al ser el horario del lugar menor de 180º es igual al horario, pero al ser mayor de 90º ***es negativo***

sen a = sen d sen l + cos d cos l cos P

sen a = A + B

A = sen d sen l = sen 42º 20' sen 53º 44' = 0,54297

B = cos d cos l cos P = cos 42º 20' cos 53º 44' cos 112º 4' = -0,16428
(Signo ***negativo al ser el ángulo P mayor de 90º***)

sen a = 0,54297 + (- 0,16428) = 0.37869

Altura estimada = 22º 15'

b) Calculo del azimut náutico

El cálculo de este dato es importante conocerlo por dos razones fundamentales:

- ***Para calcular la posición astronómica***
- ***Para calcular, como veremos más adelante, la Corrección Total***

Su cálculo se realiza a través del ***ángulo cenital*** (Z). Para su resolución utilizamos la fórmula de la cotangente:

$$\text{cotg}\,(90 \pm d)\ \text{sen}\,(90 - l) = \cos(90 - l)\cos P + \text{sen}\,P\ \text{cotg}\,Z$$

sustituyendo las funciones por sus complementarios tendremos que:

$$\text{tang}\,d \cos l = \text{sen}\,l \cos P + \text{sen}\,P\ \text{cotg}\,Z$$

despejando cotg de Z tendremos:

$$\text{cotg}\,Z = \frac{\text{tang}\,d \cos l}{\text{sen}\,P} - \frac{\text{sen}\,l}{\text{tang}\,P}$$

De manera simplificada se puede expresar

$$\text{cotg}\,Z = A - B$$

Siendo ***A negativo cuando la latitud y la declinación se encuentran en distintos hemisferios***
Siendo ***B negativo cuando el ángulo en el polo (P) es mayor de 90º***

Si la ***cotangente de Z (cotg Z) es positiva el azimut se cuenta (N o S) desde el mismo polo que la latitud, si por el contrario es negativo este será contrario a la latitud.***

Como se explicó en 1.4.2.1, ***cuando el astro está al oeste el hl será menor de 180º*** y cuando está al ***Este el horario del lugar es mayor de 180º***, por lo que el ángulo en el polo se expresa:

$$Pw = hl$$

$$P_E = 360º - hl$$

Es importante tener esto en cuenta ya que ***el azimut estará en función del ángulo en el polo***.

Ejemplo 4:
Calcular el azimut del astro conociendo que el observador se encuentra en l = 44º 47' N la declinación del astro 22º N y horario del lugar 75º 16'.

Calculamos el ángulo en el polo (P) para disponer de los tres datos, en este caso el ángulo en el polo al ser el horario del lugar menor de 180º es el mismo, es decir 75º 16' W

cotg Z = tang d cos l / sen P - sen l / tang P

cotg Z = A - B

A = tang d cos l / sen P = tang 22º cos 44º 47' / sen 75º 16' = 0,29651

B = sen l / tang P = sen 44º 47' / tang 75º 16' = 0,18524

cotg Z = 0,29651 - 0,18524 = 0, 11127

- Para poder calcular el valor del arco, previamente hay que convertir la cotangente en tangente, 1/cotg = 1/0,11127 = 8,98714, y ya si podemos calcular el arco tangente correspondiente

Arco tang 8,98714 = 83,5º

Azimut = N83,5W

Ejemplo 5:

Calcular el azimut del astro conociendo que el observador se encuentra en l = 39º 30' N la declinación del astro 14º 20' S y horario del lugar 322º 30'

Calculamos el ángulo en el polo (P) para disponer de los tres datos, en este caso el ángulo en el polo al ser el horario del lugar mayor de 180º tendremos que P = 360º – 322º 30' = 37º 30'E

cotg Z = tang d cos l / sen P - sen l / tang P

cotg Z = A - B

A = tang d cos l / sen P = tang 14º 20' cos 39º 30' / sen 37º 30' = 0,32387 (-)

B = sen l / tang P = sen 39º 30' / tang 37º 30' = 0,82885 (+)

cotg Z = - 0,32387 - (+0,82885) = - 1,15272

- Para poder calcular el valor del arco, previamente hay que convertir la cotangente en tangente, 1/cotg = 1/-1,15272 = -0,86751, y ya si podemos calcular el arco tangente correspondiente

Arco tang 0,86751 = - 40º 56'

Azimut = S41E

Ejemplo 6:

Calcular el azimut del astro conociendo que el observador se encuentra en l = 44º 10' N la declinación del astro 12º 40' N y horario del lugar 336º

P = 360º – 336º = 24º E

A = tang d cos l / sen P = tang 12º 40' cos 44º 10' / sen 24º = 0,39636 (+)

B = sen l / tang P = sen 44º 10' / tang 24º = 1,56492 (+)

cotg Z = 0,39636 - (+1,56492) = - 1,16856 (al ser negativo distinto polo de la latitud)

1/-1,16856 = -

Arco tang 0,85575 = - 40º 33'

Azimut = S40,5E

Ejemplo 6:

Calcular el azimut del astro conociendo que el observador se encuentra en l = 52º 21' S la declinación del astro 33º 30' S y horario del lugar 68º 15'

P = 68º 15' W

A = tang d cos l / sen P = tang 33º 30' cos 52º 21' / sen 68º 15' = 0,43529 (+)

B = sen l / tang P = sen 52º 21' / tang 68º 15' = 0,31587 (+)

cotg Z = 0,43529 - (+0,31587) = 0,11942 (al ser positivo igual polo que la latitud)

1/0,11942 = 8,37380

Arco tang 8,37380 = 83º 11'

Azimut = S83W

2.2.- MEDIDA DEL TIEMPO

2.2.1.- Relación entre la hora civil de Greenwich, hora civil del lugar, hora legal y hora oficial

A. **TIEMPO UNIVERSAL (TU):** Se considera ***día*** (24 horas) el ***tiempo que tarda el SOL*** en pasar ***dos veces consecutivas*** por el ***meridiano del lugar***. Para medir el tiempo se toma como referencia un SOL imaginario llamado ***SOL MEDIO*** que *recorre* ***arcos iguales en tiempos iguales*** (el SOL verdadero recorre una elíptica y por lo tanto los días no son exactamente iguales). El ***día medio*** se divide en 24 horas. El ***día comienza a contar cuando el SOL medio pasa por el meridiano inferior*** (00:00).

   Para que cada lugar, de distinta longitud, no tuviera una hora se tomó una hora base que es la contada a partir del ***meridiano de Greenwich*** a la cual se le denomina ***TIEMPO UNIVERSAL (TU)*** o también ***Hora Civil en Greenwich (HcG).*** A esta hora están referidos los ***Almanaques náuticos*** y de ella hay que partir para los distintos cálculos y horarios.

B. **HORA CIVIL DEL LUGAR (HcL):** Es el ***tiempo que hace que paso el SOL MEDIO frente al meridiano inferior del lugar***. Al ser del lugar entra en función la ***longitud del mismo*** y como referencia para medirla se toma el ***meridiano cero o de Greenwich***.

C. **HORA LEGAL – HUSOS o ZONAS HORARIAS:** Para que en cada lugar no se tuviera una hora diferente en función de su longitud, se dividió la Tierra en ***24 HUSOS o ZONAS HORARIAS de 15º cada uno*** (360º: 24 = 15º), de manera que todos los lugares, dentro de cada huso, ***tuvieran la misma hora*** llamada ***HORA LEGAL u hora HUSO (Hz)***. Esto indica que hay que cambiar la hora cuando se pasa de un HUSO a otro. Una ***Zona horaria*** abarca **7,5º** a cada lado del ***meridiano central del lugar***.

D. **HORA OFICIAL:** Es la ***establecida por el gobierno*** de un país por razones ***económicas, nacionales o internacionales*** y se diferencia de la ***legal en números enteros***. Es decir la ***Hora oficial*** será igual a la ***legal o zonal más el adelanto o el atraso*** que tenga ese país.

E. **HORA RELOJ DE BITÁCORA:** Es la hora a la que debe estar ajustado el reloj que lleva el barco y debe ser la ***legal u hora huso de donde se encuentra el barco***. Por esta hora se rige todas las actividades a bordo.

PASAR DE UNA HORA A OTRAS La relación entre las clases de hora es la siguiente:

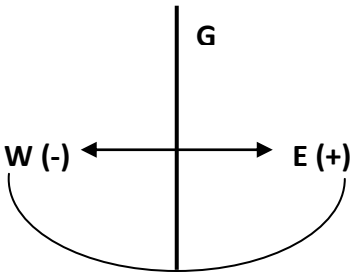
HcG -> HcL -> L_T **HcG = HcL ± L_T**

HcG -> Hz -> Z **HcG = Hz (HRB) ± L_T**
HRB **Z**

} Para pasar una longitud a tiempo se divide por 15 ggº mm' / 15

Ejemplo: *si estamos en una L = 100º 45' W y queremos saber en qué HUSO nos encontramos se pasa primero la longitud a tiempo:*

100º 45' /15 = 6 h. 43' si los minutos son más de 30 se suma uno a las horas y si son menos se mantiene. En este caso se suma luego estaremos en la **ZONA HUSO =7**.



Cuando existen diferencias de **HORAS OFICIALES** los ajustes se realizan en la **Hz** u **HRB**

2.3.- ALMANAQUE NÁUTICO

Se trata de una de las publicaciones más importante para la navegación astronómica (coordenada de los astros, datos astronómicos etc...). En España es el ***Real Observatorio de la Armada*** el encargado de su publicación.

Como ya hemos comentado en varias ocasiones, al igual que otra de las publicaciones, el Anuario de Mareas, las horas ***están siempre referidas a la Hora Civil en Greenwich*** al igual que la fecha.

Esta publicación se distribuye de la siguiente manera:

- En primer lugar nos encontramos con una especie de **Índice** donde podemos conocer ***datos astronómicos, calendarios, fases de la luna eclipses y lugares donde son visible***.
- A continuación nos encontramos con las páginas más importante, ***una por día*** (fig. 2.3.1)con los siguientes datos:
    - Una columna donde aparecen las ***24 horas UT***
    - Otra ***columna de SOL*** con los siguientes datos:
        - El ***SD o semidiámetro (Da)*** o ángulo formado por la visual dirigida al centro del astro, en este caso el Sol y a uno de sus bordes en el mismo momento de observar.
        - El ***PMG*** que indica la hora de ***paso por el meridiano superior de Greenwich***
        - El ***Horario Greenwich y declinación para cada hora***
    - Otra ***columna de LUNA*** con los siguiente datos:
        - El ***SD o semidiámetro (Da)***
        - El ***Paralaje horizontal ecuatorial a las 4 -12 y 20 horas (P.h.e.)*** desviación angular de la posición aparente de un objeto, dependiendo del punto de vista elegido.
        - El ***PMG*** que indica la hora de ***paso por el meridiano superior de Greenwich con el Retardo (Rº)*** debido a que al no estar la Tierra quiera (gira) la Luna tiene un retraso en su salida cada dia.
        - El ***Horario Greenwich y declinación para cada hora*** con la diferencia (dif) para cada HcG
    - *Columnas de* ***salidas y puestas de Sol*** *y* ***crepúsculos***
    - *Columnas de* ***salidas y puestas de la Luna*** *con su* ***retardo*** (entrado por latitud)
    - *Columnas de* ***Aries y Planetas observables*** *(Venus, Martes, Júpiter y Saturno)*
        - *Horario Greenwich y declinación para cada hora*
        - *Magnitudes (brillo)*
        - *Hora de paso por el meridiano Superior de Geenwich (Pº. mº G.)*
- En las ***páginas 376 a 379*** se encuentran la selección de las ***99 estrellas***, cuya tabla indica sus magnitudes estelares, sus ***ángulos sidéreos*** (AS*) y sus ***declinaciones*** (δ) para el día 15 de cada mes aunque al ser tan pequeña la diferencia puede utilizarse para cualquier día del mes.
- En las ***páginas 380 y 381*** se relacionan las mismas estrellas ***las horas de paso de esas estrellas por el meridiano superior de Greenwich*** para el ***primer día de cada mes*** además de las ***tablas de correcciones*** para el cálculo de cualquier otro día del mes.
- En las ***páginas 382 a 386*** se encuentran los datos relativos ***a la Polar para obtener la latitud.***
- En las ***páginas 387 A 389*** se encuentran las ***correcciones*** que hay que aplicar ***a*** **la altura observada** de los distintos astros para poder ***obtener la altura verdadera***.
- En las ***páginas 393 a 396*** se recogen las ***diferencias de horas entre distintos lugares***.
- En sus páginas finales***, 401 a 414*** se encuentran unas series de ***ejercicios de ejemplo*** del manejo del Almanaque Náutico.

2.3.1.- Conocida la hora y la fecha de TU, calcular:

1.- <u>El horario del Sol en Greenwich y su declinación</u>

a) El ***horario*** de un astro ***se conoce partiendo de la HcG o lo que lo mismo TU***, para lo cual pasaremos la hora que nos proporcione, Hora legal, Hora oficial o de cronómetro a HcG y es con esta hora y la fecha correspondiente con la que entraremos en el A.N. de la siguiente manera:

El primer paso es entrar en la página de fecha y buscamos ***la columna del Sol con el número entero de la HcG*** y así obtendremos el horario civil en Greenwich que le corresponde a esa hora (fig.2.3.1.1), para a continuación entrar en las ***Tablas de correcciones*** en la columna (páginas amarillas) de los ***minutos y segundos y allí se obtendrá el valor correspondiente a esos minutos y segundos*** (fig.2.3.1.2) los cuales tendremos que sumar al que obtuvimos en el primer paso.

Ejemplo: *El día 4 de Marzo de 1976, calcular el horario de Greenwich y del lugar del Sol de un buque que se encuentra en L = 132º E conociendo que la HcG = 11h 32m 18s*

hG a 11 horas	342º	4,2’
hG 32m 18s	8º	4,5’
hG	**350º**	**8,7’**

Para calcular el ***horario del lugar*** aplicamos:

hL = hG – L
(Siendo las longitudes E (-) y las W (+)

hL = 350º 8,7’ – (- 132º) = 482º 8,7’ – 360º = 122º 8,7’

b) La ***declinación*** se puede calcular entrando en las páginas del AN. correspondientes a las fechas ***a la derecha del horario del Sol*** donde está la columna de la declinación magnética con cada hora (fig.2.3.1.1). En esa columna ***se obtiene la declinación para el número entero de horas***. Para hallar lo que hay que ***sumar o restar en función de los minutos o segundos*** se realiza una operación denominada interpolación: se calcula la ***diferencia entre la hora en que se entró y la siguiente y se multiplica por lo minutos pasados a decimas de horas, es decir se divide por 60***, siendo esta la cantidad que hay que sumar o restar al número obtenido en el numero entero de horas.

Es importante poner el ***signo a la declinación***, si es al ***Norte será positiva*** y si es al ***Sur será negativa.***

Ejemplo: *Tomando los mismos datos del ejemplo anterior tendríamos*:

Declinación a las 11h	- 6º	17,6’
Corrección		0,5’ (-)
Declinación a HcG	**- 6º**	**17,1’**

Diferencia entre las 11h y 12 h 16,6 – 17,6 = - 1

Variación en 1 hora = - 1

Se pasan los minutos a decimas 32/60 = 0,5

TU	SOL: S. D. 16',2 P.° m.° G.: 12h 11m,7		LUNA: P. h. o.: 4h: 54',0 / 12h: 54',0 / 20h: 54',0 Edad: 3d,0 S. D. 14',7 P.° m.° G.: 14h 35m R.° 44m					Latitud	Puesta Sol	Crepúsculos Civil	Crepúsculos Náutico	Salida Luna		Puesta Luna	
	h. G. ☉	Dec.	h. G. ☾	Dif.	Dec.		Dif.					Hora	R.°	Hora	R.°
0h	177 2,6	− 6 28,2	147 30,0	151	+ 8 42,2		92	60 N	h m 17 35	h m 18 17	h m 19 5	h m 7 14	m 16	h m 22 14	m 71
1	192 2,8	27,2	162 4,1	150	+ 8 51,4		91	58	38	18	3	19	19	7	68
2	207 2,9	26,2	176 38,1	150	+ 9 0,5		91	56	41	18	1	24	21	22 1	66
3	222 3,0	25,3	191 12,1	150	9,6		91	54	43	19	19 0	28	23	21 55	65
4	237 3,2	24,3	205 46,1	150	18,7		91	52	45	19	18 58	32	25	50	63
5	252 3,3	23,4	220 20,1	149	27,8		90	50	47	20	57	36	26	46	61
6	267 3,5	− 6 22,4	234 54,0	149	+ 9 36,8		90	45	52	21	55	44	29	36	58
7	282 3,6	21,4	249 27,9	149	45,8		89	40	55	22	54	50	32	28	56
8	297 3,7	20,5	264 1,8	148	+ 9 54,7		89	35	17 58	24	53	7 56	33	21	54
9	312 3,9	19,5	278 35,6	149	+10 3,6		88	30	18 1	25	53	8 1	35	14	53
10	327 4,0	18,5	293 9,5	148	12,4		88	20	6	28	54	10	38	21 4	49
11	342 4,2	17,6	307 43,3	148	21,2		88	10 N	11	32	18 56	18	41	20 55	46
12	357 4,3	− 6 16,6	322 17,1	147	+10 30,0		87	0	15	36	19 0	25	44	46	44
13	12 4,4	15,6	336 50,8	148	38,7		87	10 S	20	41	5	32	47	37	42
14	27 4,6	14,7	351 24,6	147	47,4		86	20	24	47	13	40	49	28	39
15	42 4,7	13,7	5 58,3	147	+10 56,0		86	30	30	54	23	49	52	18	36
16	57 4,8	12,7	20 32,0	146	+11 4,6		86	35	33	18 59	29	8 54	55	12	34
17	72 5,0	11,8	35 5,6	146	13,2		85	40	37	19 5	37	9 0	57	20 5	32
18	87 5,1	− 6 10,8	49 39,2	146	+11 21,7		84	45	41	11	19 47	7	59	19 57	30
19	102 5,3	9,9	64 12,8	146	30,1		84	50	47	20	20 0	16	62	47	27
20	117 5,4	8,9	78 46,4	145	38,5		84	52	49	24	6	20	63	43	26
21	132 5,5	7,9	93 19,9	145	46,9		83	54	52	28	13	24	65	38	24
22	147 5,7	7,0	107 53,4	145	+11 55,2		82	56	55	33	21	29	67	33	22
23	162 5,8	6,0	122 26,9	144	+12 3,4		82	58	18 58	39	30	34	69	27	20
24	177 5,9	− 6 5,0	137 0,3		+12 11,6			60 S	19 2	19 46	20 41	9 40	71	19 20	18

TU	♈ P.° m.° G.: 13h 10m,8	VENUS: −3,3 P.° m.° G.: 10h 29m		MARTE: +0,6 P.° m.° G.: 18h 44m		JUPITER: −1,7 P.° m.° G.: 14h 45m		SATURNO: +0,1 P.° m.° G.: 21h 3m	
	h. G. ♈	h. G. ♀	Dec.	h. G. ♂	Dec.	h. G. ♃	Dec.	h. G. ♄	Dec.
0h	161 52,9	202 50,7	−16 31,2	78 28,7	+25 50,2	138 16,6	+ 8 42,8	43 14,8	+21 12,0
1	176 55,4	217 50,1	30,4	93 30,1	50,2	153 18,6	43,0	58 17,4	12,0
2	191 57,8	232 49,5	29,5	108 31,6	50,2	168 20,5	43,2	73 19,9	12,0
3	207 0,3	247 48,8	28,7	123 33,0	50,2	183 22,5	43,4	88 22,5	12,1
4	222 2,8	262 48,2	27,9	138 34,4	50,2	198 24,5	43,6	103 25,1	12,1
5	237 5,2	277 47,6	27,0	153 35,8	50,2	213 26,5	43,8	118 27,7	12,1
6	252 7,7	292 46,9	−16 26,2	168 37,2	+25 50,2	228 28,4	+ 8 44,0	133 30,2	+21 12,1
7	267 10,2	307 46,3	25,4	183 38,7	50,2	243 30,4	44,2	148 32,8	12,2
8	282 12,6	322 45,7	24,5	198 40,1	50,2	258 32,4	44,4	163 35,4	12,2
9	297 15,1	337 45,0	23,7	213 41,5	50,2	273 34,4	44,6	178 38,0	12,2
10	312 17,6	352 44,4	22,9	228 42,9	50,2	288 36,3	44,8	193 40,5	12,2
11	327 20,0	7 43,8	22,0	243 44,3	50,2	303 38,3	45,0	208 43,1	12,2
12	342 22,5	22 43,2	−16 21,2	258 45,7	+25 50,3	318 40,3	+ 8 45,2	223 45,7	+21 12,3
13	357 24,9	37 42,5	20,4	273 47,2	50,3	333 42,3	45,4	238 48,3	12,3
14	12 27,4	52 41,9	19,5	288 48,6	50,3	348 44,2	45,6	253 50,8	12,3
15	27 29,9	67 41,3	18,7	303 50,0	50,3	3 46,2	45,8	268 53,4	12,3
16	42 32,3	82 40,6	17,9	318 51,4	50,3	18 48,2	46,0	283 56,0	12,4
17	57 34,8	97 40,0	17,0	333 52,8	50,3	33 50,1	46,2	298 58,5	12,4
18	72 37,3	112 39,4	−16 16,2	348 54,2	+25 50,3	48 52,1	+ 8 46,4	314 1,1	+21 12,4
19	87 39,7	127 38,8	15,3	3 55,6	50,3	63 54,1	46,6	329 3,7	12,4
20	102 42,2	142 38,1	14,5	18 57,0	50,3	78 56,1	46,8	344 6,3	12,5
21	117 44,7	157 37,5	13,7	33 58,5	50,3	93 58,0	47,0	359 8,8	12,5
22	132 47,1	172 36,9	12,8	48 59,9	50,3	109 0,0	47,2	14 11,4	12,5
23	147 49,6	187 36,3	12,0	64 1,3	50,3	124 2,0	47,4	29 14,0	12,5
24	162 52,1	202 35,6	−16 11,1	79 2,7	+25 50,3	139 3,9	+ 8 47,6	44 16,5	+21 12,5
Dif.	—	− 6	+ 8	+14	0	+20	+ 2	+26	0

Fig. 2.3.1.1

32m CORRECCIONES 33m

32m	SOL Planetas	ARIES	LUNA	Diferencia	Corrección
s	° ′	° ′	° ′		′
0	8 0,0	8 1,3	7 38,1	0	0,0
1	8 0,3	8 1,6	7 38,4	3	0,2
2	8 0,5	8 1,8	7 38,6	6	0,3
3	8 0,8	8 2,1	7 38,8	9	0,5
4	8 1,0	8 2,3	7 39,1	12	0,7
5	8 1,3	8 2,6	7 39,3	15	0,8
6	8 1,5	8 2,8	7 39,6	18	1,0
7	8 1,8	8 3,1	7 39,8	21	1,1
8	8 2,0	8 3,3	7 40,0	24	1,3
9	8 2,3	8 3,6	7 40,3	27	1,5
10	8 2,5	8 3,8	7 40,5	30	1,6
11	8 2,8	8 4,1	7 40,8	33	1,8
12	8 3,0	8 4,3	7 41,0	36	2,0
13	8 3,3	8 4,6	7 41,2	39	2,1
14	8 3,5	8 4,8	7 41,5	42	2,3
15	8 3,8	8 5,1	7 41,7	45	2,4
16	8 4,0	8 5,3	7 42,0	48	2,6
17	8 4,3	8 5,6	7 42,2	51	2,8
18	8 4,5	8 5,8	7 42,4	54	2,9
19	8 4,8	8 6,1	7 42,7	57	3,1
20	8 5,0	8 6,3	7 42,9	60	3,3
21	8 5,3	8 6,6	7 43,1	63	3,4
22	8 5,5	8 6,8	7 43,4	66	3,6
23	8 5,8	8 7,1	7 43,6	69	3,7
24	8 6,0	8 7,3	7 43,9	72	3,9
25	8 6,3	8 7,6	7 44,1	75	4,1
26	8 6,5	8 7,8	7 44,3	78	4,2
27	8 6,8	8 8,1	7 44,6	81	4,4
28	8 7,0	8 8,3	7 44,8	84	4,6
29	8 7,3	8 8,6	7 45,1	87	4,7
30	8 7,5	8 8,8	7 45,3	90	4,9
31	8 7,8	8 9,1	7 45,5	93	5,0
32	8 8,0	8 9,3	7 45,8	96	5,2
33	8 8,3	8 9,6	7 46,0	99	5,4
34	8 8,5	8 9,8	7 46,2	102	5,5
35	8 8,8	8 10,1	7 46,5	105	5,7
36	8 9,0	8 10,3	7 46,7	108	5,9
37	8 9,3	8 10,6	7 47,0	111	6,0
38	8 9,5	8 10,8	7 47,2	114	6,2
39	8 9,8	8 11,1	7 47,4	117	6,3
40	8 10,0	8 11,3	7 47,7	120	6,5
41	8 10,3	8 11,6	7 47,9	123	6,7
42	8 10,5	8 11,8	7 48,2	126	6,8
43	8 10,8	8 12,1	7 48,4	129	7,0
44	8 11,0	8 12,3	7 48,6	132	7,2
45	8 11,3	8 12,6	7 48,9	135	7,3
46	8 11,5	8 12,8	7 49,1	138	7,5
47	8 11,8	8 13,1	7 49,3	141	7,6
48	8 12,0	8 13,3	7 49,6	144	7,8
49	8 12,3	8 13,6	7 49,8	147	8,0
50	8 12,5	8 13,8	7 50,1	150	8,1
51	8 12,8	8 14,1	7 50,3	153	8,3
52	8 13,0	8 14,3	7 50,5	156	8,5
53	8 13,3	8 14,6	7 50,8	159	8,6
54	8 13,5	8 14,9	7 51,0	162	8,8
55	8 13,8	8 15,1	7 51,3	165	8,9
56	8 14,0	8 15,4	7 51,5	168	9,1
57	8 14,3	8 15,6	7 51,7	171	9,3
58	8 14,5	8 15,9	7 52,0	174	9,4
59	8 14,8	8 16,1	7 52,2	177	9,6
60	8 15,0	8 16,4	7 52,5	180	9,8

33m	SOL Planetas	ARIES	LUNA	Diferencia	Corrección
s	° ′	° ′	° ′		′
0	8 15,0	8 16,4	7 52,5	0	0,0
1	8 15,3	8 16,6	7 52,7	3	0,2
2	8 15,5	8 16,9	7 52,9	6	0,3
3	8 15,8	8 17,1	7 53,2	9	0,5
4	8 16,0	8 17,4	7 53,4	12	0,7
5	8 16,3	8 17,6	7 53,6	15	0,8
6	8 16,5	8 17,9	7 53,9	18	1,0
7	8 16,8	8 18,1	7 54,1	21	1,2
8	8 17,0	8 18,4	7 54,4	24	1,3
9	8 17,3	8 18,6	7 54,6	27	1,5
10	8 17,5	8 18,9	7 54,8	30	1,7
11	8 17,8	8 19,1	7 55,1	33	1,8
12	8 18,0	8 19,4	7 55,3	36	2,0
13	8 18,3	8 19,6	7 55,6	39	2,2
14	8 18,5	8 19,9	7 55,8	42	2,3
15	8 18,8	8 20,1	7 56,0	45	2,5
16	8 19,0	8 20,4	7 56,3	48	2,7
17	8 19,3	8 20,6	7 56,5	51	2,8
18	8 19,5	8 20,9	7 56,7	54	3,0
19	8 19,8	8 21 1	7 57,0	57	3,2
20	8 20,0	8 21,4	7 57,2	60	3,4
21	8 20,3	8 21,6	7 57,5	63	3,5
22	8 20,5	8 21,9	7 57,7	66	3,7
23	8 20,8	8 22,1	7 57,9	69	3,9
24	8 21,0	8 22,4	7 58,2	72	4,0
25	8 21,3	8 22,6	7 58,4	75	4,2
26	8 21,5	8 22,9	7 58,7	78	4,4
27	8 21,8	8 23,1	7 58,9	81	4,5
28	8 22,0	8 23,4	7 59,1	84	4,7
29	8 22,3	8 23,6	7 59,4	87	4,9
30	8 22,5	8 23,9	7 59,6	90	5,0
31	8 22,8	8 24,1	7 59,8	93	5,2
32	8 23,0	8 24,4	8 0,1	96	5,4
33	8 23,3	8 24,6	8 0,3	99	5,5
34	8 23,5	8 24,9	8 0,6	102	5,7
35	8 23,8	8 25,1	8 0,8	105	5,9
36	8 24,0	8 25,4	8 1,0	108	6,0
37	8 24,3	8 25,6	8 1,3	111	6,2
38	8 24,5	8 25,9	8 1,5	114	6,4
39	8 24,8	8 26,1	8 1,8	117	6,5
40	8 25,0	8 26,4	8 2,0	120	6,7
41	8 25,3	8 26,6	8 2,2	123	6,9
42	8 25,5	8 26,9	8 2,5	126	7,0
43	8 25,8	8 27,1	8 2,7	129	7,2
44	8 26,0	8 27,4	8 2,9	132	7,4
45	8 26,3	8 27,6	8 3,2	135	7,5
46	8 26,5	8 27,9	8 3,4	138	7,7
47	8 26,8	8 28,1	8 3,7	141	7,9
48	8 27,0	8 28,4	8 3,9	144	8,0
49	8 27,3	8 28,6	8 4,1	147	8,2
50	8 27,5	8 28,9	8 4,4	150	8,4
51	8 27,8	8 29,1	8 4,6	153	8,5
52	8 28,0	8 29,4	8 4,9	156	8,7
53	8 28,3	8 29,6	8 5,1	159	8,9
54	8 28,5	8 29,9	8 5,3	162	9,0
55	8 28,8	8 30,1	8 5,6	165	9,2
56	8 29,0	8 30,4	8 5,8	168	9,4
57	8 29,3	8 30,6	8 6,1	171	9,5
58	8 29,5	8 30,9	8 6,3	174	9,7
59	8 29,8	8 31,1	8 6,5	177	9,9
60	8 30,0	8 31,4	8 6,8	180	10,1

Fig. 2.3.1.2

2.- <u>El horario de las estrellas en Greenwich y su declinación</u>

Como ya vimos en 1.7 el horario de las estrellas se obtiene partiendo del Horario en Greenwich de Aries, aplicando las formulas

$$hl^* = hl_{\Upsilon} + As \quad y \quad h_G^* = h_{G\Upsilon} + As$$

Para obtener el ***Horario en Greenwich de Aries*** se procede igual que hicimos para obtener el del Sol:

- Se entra ***con el número de horas*** enteras de la HcG en el día correspondiente (fig.2.3.1.3)
- En la ***página de los minutos*** se entra en la columna de Aries con los minutos y segundos (fig.2.3.1.2)
- El ***ángulo sidéreo (AS)*** se toma de la ***página 376 y 378*** (lo da para 99 estrellas). Este valor al variar poco lo da ***para los días 15 de cada mes*** (si se desea para el cálculo de un día muy separado del 15 se interpola entre los dos meses correspondientes) (fig.2.3.1.4)

Para obtener su declinación se entra en la ***página 377 y 379*** obteniéndose directamente (fig. 2.3.1.6)

Ejemplo: *El día 4 de Marzo de 1976, calcular el horario de Greenwich y del lugar de Antares de un buque que se encuentra en L = 132º E conociendo que la HcG = 11h 32m 18s*

$h_{G\Upsilon}$ a 11 horas	327º	20,0'	$h_{G\Upsilon}$	335º	25,8'	448º 26,3'
hG 32m 18s	8º	5,8'	AS	113º	0.5'	
$h_{G\Upsilon}$	**335º**	**25,8'**	**hG***	**88º**	**26,3'**	

Para calcular el ***horario del lugar*** aplicamos la latitud estimada:

hG*	88º	26,3'
Longitud	132º	
hl*	**220º**	**26,3'**

Declinación = - 26º 22,8'
(fig. 2.3.1.2)

2.3.2.- Conocida la situación de estima y la fecha del lugar calcular:

2.3.2.1.- La hora del paso del sol por el meridiano del lugar

A) ***Por el meridiano superior:*** en el AN da diariamente en la columna del Sol en décimas de minutos la hora del paso del Sol por el meridiano de Greenwich, es lo que se llama ***Pº mº G***. Esta hora la podemos tomar la **Hora Civil de Lugar** (Greenwich) ya que el Sol verdadero y el Sol medio recorre el mismo ángulo de longitud en los mismos tiempos, por lo que el error que se comete es mínimo

Para calcular la hora de paso del Sol por el meridiano del lugar ***entraremos en el A.N. en la fecha indicada y obtendremos la hora de Pº mº G.***

Como lo que nos interesa es el cálculo de la ***Hz (HRB)*** del paso del Sol por el meridiano superior del lugar, a la hora de Pº mº G le aplicamos la longitud con su signo correspondiente.

Ejemplo:

El 13 de Mayo de 1976 estado situados en Le = 74º 20'E calcular el paso del sol por el meridiano superior del lugar.

Pº mº G = HcL = 11h. 56,3m. (se busca en A.N.) (fig. 2.3.1.5)
Le = 4h. 57,3m. (la latitud estimada pasada a tiempo)

HcG = 6h. 59,0m. (se resta al ser al E)
Z = 5 (el huso correspondiente a la latitud)

Hz = 11h. 59,0 m.

B) ***Por el meridiano inferior:*** en este caso basta con ***sumarle o restarle 12 horas*** a la obtenida para el paso por el meridiano superior. Si se desea saber la hora del paso de la misma fecha que la obtenida para el paso por el superior, y esta ***es menor de 12 horas se le sumará 12 horas*** y si es ***mayor se le restará 12 horas***. Si se desea del día anterior o del siguiente se sumara o restará dependiendo del valor del paso por el superior. En el ejemplo anterior:

11h 59m + 12h = 23h. 59m del mismo día 13

T U	SOL: S. D. 16',2 P.° m.° G.: 12h 11m,7 h. G. ☉	Dec.	LUNA: P. h. o.: 4h: 54',0 / 12h: 54',0 / 20h: 54',0 Edad: 3d,0 S. D. 14',7 P.° m.° G.: 14h 35m R.° 44m h. G. ☾	Dif.	Dec.	Dif.
0h	177° 2',6	− 6° 28',2	147° 30',0	151	+ 8° 42',2	92
1	192 2,8	27,2	162 4,1	150	+ 8 51,4	91
2	207 2,9	26,2	176 38,1	150	+ 9 0,5	91
3	222 3,0	25,3	191 12,1	150	9,6	91
4	237 3,2	24,3	205 46,1	150	18,7	91
5	252 3,3	23,4	220 20,1	149	27,8	90
6	267 3,5	− 6 22,4	234 54,0	149	+ 9 36,8	90
7	282 3,6	21,4	249 27,9	149	45,8	89
8	297 3,7	20,5	264 1,8	148	+ 9 54,7	89
9	312 3,9	19,5	278 35,6	149	+10 3,6	88
10	327 4,0	18,5	293 9,5	148	12,4	88
11	342 4,2	17,6	307 43,3	148	21,2	88
12	357 4,3	− 6 16,6	322 17,1	147	+10 30,0	87
13	12 4,4	15,6	336 50,8	148	38,7	87
14	27 4,6	14,7	351 24,6	147	47,4	86
15	42 4,7	13,7	5 58,3	147	+10 56,0	86
16	57 4,8	12,7	20 32,0	146	+11 4,6	86
17	72 5,0	11,8	35 5,6	146	13,2	85
18	87 5,1	− 6 10,8	49 39,2	146	+11 21,7	84
19	102 5,3	9,9	64 12,8	146	30,1	84
20	117 5,4	8,9	78 46,4	145	38,5	84
21	132 5,5	7,9	93 19,9	145	46,9	83
22	147 5,7	7,0	107 53,4	145	+11 55,2	82
23	162 5,8	6,0	122 26,9	144	+12 3,4	82
24	177 5,9	− 6 5,0	137 0,3		+12 11,6	

Latitud	Puesta Sol	Crepúsculos Civil	Crepúsculos Náutico	Salida Luna Hora	Salida Luna R.°	Puesta Luna Hora	Puesta Luna R.°
°	h m	h m	h m	h m	m	h m	m
60 N	17 35	18 17	19 5	7 14	16	22 14	71
58	38	18	3	19	19	7	68
56	41	18	1	24	21	22 1	66
54	43	19	19 0	28	23	21 55	65
52	45	19	18 58	32	25	50	63
50	47	20	57	36	26	46	61
45	52	21	55	44	29	36	58
40	55	22	54	50	32	28	56
35	17 58	24	53	7 56	33	21	54
30	18 1	25	53	8 1	35	14	53
20	6	28	54	10	38	21 4	49
10 N	11	32	18 56	18	41	20 55	46
0	15	36	19 0	25	44	46	44
10 S	20	41	5	32	47	37	42
20	24	47	13	40	49	28	39
30	30	54	23	49	52	18	36
35	33	18 59	29	8 54	55	12	34
40	37	19 5	37	9 0	57	20 5	32
45	41	11	19 47	7	59	19 57	30
50	47	20	20 0	16	62	47	27
52	49	24	6	20	63	43	26
54	52	28	13	24	65	38	24
56	55	33	21	29	67	33	22
58	18 58	39	30	34	69	27	20
60 S	19 2	19 46	20 41	9 40	71	19 20	18

T U	♈ P.° m.° G.: 13h 10m,8 h. G. ♈	VENUS: −3,3 P.° m.° G.: 10h 29m h. G. ♀	Dec.	MARTE: +0,6 P.° m.° G.: 18h 44m h. G. ♂	Dec.	JUPITER: −1,7 P.° m.° G.: 14h 45m h. G. ♃	Dec.	SATURNO: +0,1 P.° m.° G.: 21h 3m h. G. ♄	Dec.
0h	161° 52',9	202° 50',7	−16° 31',2	78° 28',7	+25° 50',2	138° 16',6	+ 8° 42',8	43° 14',8	+21° 12',0
1	176 55,4	217 50,1	30,4	93 30,1	50,2	153 18,6	43,0	58 17,4	12,0
2	191 57,8	232 49,5	29,5	108 31,6	50,2	168 20,5	43,2	73 19,9	12,0
3	207 0,3	247 48,8	28,7	123 33,0	50,2	183 22,5	43,4	88 22,5	12,1
4	222 2,8	262 48,2	27,9	138 34,4	50,2	198 24,5	43,6	103 25,1	12,1
5	237 5,2	277 47,6	27,0	153 35,8	50,2	213 26,5	43,8	118 27,7	12,1
6	252 7,7	292 46,9	−16 26,2	168 37,2	+25 50,2	228 28,4	+ 8 44,0	133 30,2	+21 12,1
7	267 10,2	307 46,3	25,4	183 38,7	50,2	243 30,4	44,2	148 32,8	12,2
8	282 12,6	322 45,7	24,5	198 40,1	50,2	258 32,4	44,4	163 35,4	12,2
9	297 15,1	337 45,0	23,7	213 41,5	50,2	273 34,4	44,6	178 38,0	12,2
10	312 17,6	352 44,4	22,9	228 42,9	50,2	288 36,3	44,8	193 40,5	12,2
11	327 20,0	7 43,8	22,0	243 44,3	50,2	303 38,3	45,0	208 43,1	12,2
12	342 22,5	22 43,2	−16 21,2	258 45,7	+25 50,3	318 40,3	+ 8 45,2	223 45,7	+21 12,3
13	357 24,9	37 42,5	20,4	273 47,2	50,3	333 42,3	45,4	238 48,3	12,3
14	12 27,4	52 41,9	19,5	288 48,6	50,3	348 44,2	45,6	253 50,8	12,3
15	27 29,9	67 41,3	18,7	303 50,0	50,3	3 46,2	45,8	268 53,4	12,3
16	42 32,3	82 40,6	17,9	318 51,4	50,3	18 48,2	46,0	283 56,0	12,4
17	57 34,8	97 40,0	17,0	333 52,8	50,3	33 50,1	46,2	298 58,5	12,4
18	72 37,3	112 39,4	−16 16,2	348 54,2	+25 50,3	48 52,1	+ 8 46,4	314 1,1	+21 12,4
19	87 39,7	127 38,8	15,3	3 55,6	50,3	63 54,1	46,6	329 3,7	12,4
20	102 42,2	142 38,1	14,5	18 57,0	50,3	78 56,1	46,8	344 6,3	12,5
21	117 44,7	157 37,5	13,7	33 58,5	50,3	93 58,0	47,0	359 8,8	12,5
22	132 47,1	172 36,9	12,8	48 59,9	50,3	109 0,0	47,2	14 11,4	12,5
23	147 49,6	187 36,3	12,0	64 1,3	50,3	124 2,0	47,4	29 14,0	12,5
24	162 52,1	202 35,6	−16 11,1	79 2,7	+25 50,3	139 3,9	+ 8 47,6	44 16,5	+21 12,5
Dif.	—	− 6	+ 8	+14	0	+20	+ 2	+26	0

Fig. 2.3.1.3

ESTRELLAS, 1976 — Posiciones aparentes — A. S. *

N.º	NOMBRES	Magnitud		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.e	Octubre	Nov.e	Dic.e
			°	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′
51 – μ	Velorum.	2,8	198	33,3	33,2	33,1	33,2	33,4	33,5	33,7	33,8	33,8	33,6	33,3	33,0
52 – ν	Hydræ.	3,3	197	52,9	52,8	52,7	52,8	52,9	53,0	53,0	53,1	53,0	52,9	52,7	52,5
53 – β	UMa. *Merak.*	2,4	194	53,5	53,2	53,1	53,2	53,4	53,6	53,8	53,9	53,9	53,7	53,4	53,1
54 – α	UMa. *Dubhe.*	2,0	194	25,6	25,3	25,2	25,3	25,6	25,8	26,1	26,2	26,1	26,0	25,6	25,2
55 – β	Leo. *Denebola.*	2,2	183	2,1	1,9	1,8	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,0	1,9	1,6
56 – γ	Crv. *Gienah.*	2,8	176	21,1	20,9	20,8	20,7	20,8	20,9	20,9	21,0	21,0	21,0	20,8	20,6
57 – α	Cru. *Acrux.*	1,1	173	40,5	40,2	40,0	39,9	40,0	40,3	40,5	40,8	40,9	40,8	40,6	40,1
58 – γ	Cru. *Gacrux.*	1,6	172	32,0	31,7	31,5	31,5	31,6	31,7	31,9	32,1	32,2	32,2	32,0	31,6
59 – γ	Cen. *Muhlifain.*	2,4	169	56,7	56,4	56,3	56,2	56,3	56,4	56,5	56,7	56,8	56,8	56,6	56,3
60 – β	Cru. *Mimosa.*	1,5	168	24,8	24,4	24,2	24,2	24,2	24,4	24,6	24,8	25,0	24,9	24,7	24,3
61 – ε	UMa. *Alioth.*	1,7	166	45,2	44,9	44,7	44,6	44,7	44,9	45,1	45,3	45,4	45,4	45,3	45,0
62 – α	CVn. *Cor Caroli.*	2,9	166	16,2	15,9	15,8	15,7	15,8	15,9	16,0	16,1	16,2	16,2	16,1	15,9
63 – ε	Virginis.	3,0	164	45,0	44,8	44,7	44,6	44,6	44,7	44,8	44,9	44,9	44,9	44,8	44,6
64 – ζ	UMa. *Mizar.*	2,2	159	15,5	15,2	15,0	14,9	14,9	15,1	15,3	15,5	15,7	15,7	15,6	15,4
65 – α	Vir. *Spica.*	1,2	159	0,8	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,5	0,3
66 – η	UMa. *Alkaid.*	1,9	153	21,0	20,7	20,5	20,4	20,4	20,5	20,7	20,9	21,0	21,1	21,0	20,8
67 – β	Cen. *Hadar.*	0,9	149	27,8	27,4	27,1	26,9	26,9	27,0	27,1	27,4	27,6	27,7	27,6	27,2
68 – θ	Cen. *Menkent.*	2,3	148	40,7	40,5	40,3	40,1	40,1	40,1	40,2	40,3	40,5	40,5	40,4	40,2
69 – α	Boo. *Arcturus.*	0,2	146	21,4	21,1	21,0	20,9	20,8	20,9	21,0	21,1	21,2	21,2	21,2	21,0
70 – α	Cen. *Rigil Kent.*	0,1	140	30,1	29,7	29,3	29,1	29,0	29,1	29,3	29,5	29,8	29,9	29,8	29,6
71 – α	Lib. *Zubenelgenubi.*	2,9	137	36,6	36,4	36,2	36,0	36,0	35,9	36,0	36,1	36,2	36,3	36,2	36,1
72 – β	UMi. *Kochab.*	2,2	137	19,3	18,7	18,1	17,8	17,8	18,1	18,5	19,1	19,7	20,1	20,2	20,0
73 – β	Libræ.	2,7	131	4,2	3,9	3,7	3,6	3,5	3,5	3,5	3,6	3,7	3,8	3,8	3,7
74 – α	CrB. *Alphecca.*	2,3	126	35,0	34,7	34,5	34,3	34,2	34,2	34,3	34,4	34,6	34,7	34,7	34,6
75 – α	Serpentis.	2,8	124	13,7	13,5	13,3	13,1	13,0	13,0	13,0	13,1	13,2	13,3	13,3	13,2
76 – α	Sco. *Antares.*	1,2	113	1,0	0,7	0,5	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4	0,4	0,3
77 – α	TrA. *Atria.*	1,9	108	28,4	27,9	27,3	26,8	26,4	26,2	26,3	26,6	27,0	27,3	27,5	27,4
78 – ε	Scorpii.	2,4	107	50,9	50,6	50,4	50,1	49,9	49,8	49,8	49,9	50,1	50,2	50,3	50,2
79 – η	Oph. *Sabik.*	2,6	102	45,0	44,8	44,6	44,3	44,2	44,1	44,1	44,1	44,2	44,4	44,4	44,4
80 – α	Herculis.	{3,0 / 3,7}	101	36,8	36,6	36,4	36,2	36,0	35,9	35,9	36,0	36,1	36,3	36,3	36,3
81 – λ	Sco. *Shaula.*	1,7	96	60,4	60,1	59,9	59,6	59,4	59,2	59,2	59,3	59,4	59,6	59,7	59,6
82 – α	Oph. *Rasalhague.*	2,1	96	32,8	32,6	32,4	32,2	32,0	31,9	31,9	31,9	32,1	32,2	32,3	32,3
83 – θ	Scorpii.	2,0	96	6,2	5,9	5,6	5,3	5,1	4,9	4,9	5,0	5,1	5,3	5,4	5,4
84 – γ	Dra. *Eltanin.*	2,4	90	59,7	59,5	59,2	58,9	58,6	58,5	58,5	58,7	58,9	59,2	59,4	59,5
85 – ε	Sgr. *Kaus Australis.*	2,0	84	21,4	21,2	20,9	20,7	20,4	20,2	20,2	20,2	20,3	20,5	20,6	20,6
86 – α	Lyr. *Vega.*	0,1	80	58,4	58,2	58,0	57,7	57,5	57,3	57,3	57,4	57,5	57,7	57,9	58,0
87 – σ	Sgr. *Nunki.*	2,1	76	33,4	33,3	33,0	32,8	32,6	32,4	32,3	32,3	32,4	32,5	32,7	32,7
88 – α	Aql. *Altair.*	0,9	62	35,9	35,8	35,7	35,4	35,2	35,0	34,9	34,9	35,0	35,1	35,2	35,3
89 – γ	Cygni.	2,3	54	39,7	39,6	39,5	39,2	39,0	38,8	38,6	38,6	38,7	38,9	39,1	39,2
90 – α	Pav. *Peacock.*	2,1	54	3,9	3,8	3,6	3,2	2,8	2,5	2,2	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9
91 – α	Cyg. *Deneb.*	1,3	49	51,0	51,0	50,8	50,6	50,3	50,0	49,9	49,9	49,9	50,1	50,3	50,5
92 – α	Cep. *Alderamin.*	2,6	40	30,3	30,3	30,1	29,8	29,4	29,0	28,8	28,7	28,8	29,1	29,4	29,7
93 – ε	Peg. *Enif.*	2,5	34	14,9	14,9	14,8	14,7	14,5	14,2	14,0	13,9	13,9	14,0	14,1	14,2
94 – δ	Capricorni.	3,0	33	34,3	34,3	34,2	34,0	33,8	33,5	33,3	33,2	33,2	33,3	33,4	33,5
95 – α	Gru. *Al Na'ir.*	2,2	28	19,3	19,3	19,2	19,0	18,7	18,4	18,1	17,9	17,9	18,0	18,2	18,4
96 – β	Gruis.	2,2	19	41,6	41,6	41,5	41,4	41,1	40,8	40,5	40,3	40,3	40,3	40,5	40,7
97 – α	PsA. *Fomalhaut.*	1,3	15	55,1	55,2	55,1	55,0	54,8	54,5	54,3	54,1	54,0	54,1	54,2	54,3
98 – β	Peg. *Scheat.*	2,6	14	20,8	20,9	20,9	20,7	20,5	20,3	20,0	19,9	19,8	19,8	19,9	20,1
99 – α	Peg. *Markab.*	2,6	14	6,5	6,5	6,5	6,4	6,2	6,0	5,7	5,6	5,5	5,5	5,6	5,7

Fig. 2.3.1.4

TU	SOL: S. D. 15',9 P.° m.° G.: 11h 56m,8 h. G. ☉	Dec.	☾ LUNA: P. h. e.: 4h: 61',0 12h: 60',9 20h: 60',9 Edad: 13d,6 S. D. 16',6 P.° m.° G.: * * R.° * h. G. ☾	Dif.	Dec.	Dif.
0h	180° 55',6	+18° 21',6	12° 43',8	54	−15° 10',8	84
1	195 55,6	22,3	27 8,2	52	19,2	83
2	210 55,6	22,9	41 32,4	53	27,5	82
3	225 55,6	23,5	55 56,7	52	35,7	81
4	240 55,6	24,1	70 20,9	51	43,8	79
5	255 55,6	24,7	84 45,0	51	51,7	79
6	270 55,6	+18 25,3	99 9,1	51	−15 59,6	77
7	285 55,6	25,9	113 33,2	50	−16 7,3	76
8	300 55,6	26,6	127 57,2	50	14,9	75
9	315 55,6	27,2	142 21,2	49	22,4	74
10	330 55,6	27,8	156 45,1	49	29,8	72
11	345 55,6	28,4	171 9,0	49	37,0	72
12	0 55,7	+18 29,0	185 32,9	48	−16 44,2	70
13	15 55,7	29,6	199 56,7	48	51,2	69
14	30 55,7	30,2	214 20,5	48	−16 58,1	67
15	45 55,7	30,8	228 44,3	47	−17 4,8	67
16	60 55,7	31,4	243 8,0	47	11,5	65
17	75 55,7	32,1	257 31,7	47	18,0	64
18	90 55,7	+18 32,7	271 55,4	46	−17 24,4	63
19	105 55,7	33,3	286 19,0	46	30,7	61
20	120 55,7	33,9	300 42,6	46	36,8	60
21	135 55,7	34,5	315 6,2	46	42,8	59
22	150 55,7	35,1	329 29,8	46	48,7	57
23	165 55,7	35,7	343 53,4	45	−17 54,4	56
24	180 55,7	+18 36,3	358 16,9		−18 0,0	

Latitud	Puesta Sol	Crepúsculos Civil	Crepúsculos Náutico	Salida Luna Hora	Salida Luna R.°	Puesta Luna Hora	Puesta Luna R.°
	h m	h m	h m	h m	m	h m	m
60 N	20 27	21 30	—	20 13	79	3 19	35
58	14	21 9	22 45	20 1	77	29	38
56	20 3	20 52	22 8	19 50	76	38	40
54	19 53	38	21 43	41	74	46	41
52	44	26	24	33	73	53	43
50	36	20 16	21 8	26	72	3 59	45
45	20	19 54	20 37	19 10	70	4 12	48
40	19 6	37	20 15	18 57	69	24	50
35	18 55	23	19 57	46	67	33	52
30	45	19 11	42	37	66	42	53
20	28	18 52	20	20	64	4 56	56
10 N	13	36	19 2	18 6	62	5 9	59
0	18 0	22	18 47	17 53	61	21	61
10 S	17 46	18 8	34	40	59	33	63
20	32	17 55	22	26	57	5 46	65
30	16	41	10	10	55	6 1	67
35	17 6	33	18 4	17 0	55	9	69
40	16 56	25	17 57	16 50	53	19	71
45	43	15	51	38	51	30	74
50	28	17 4	43	23	49	44	76
52	21	16 58	40	16	48	51	77
54	13	53	36	8	47	6 58	79
56	16 4	47	32	16 0	45	7 6	80
58	15 54	40	28	15 50	43	15	83
60 S	15 43	16 32	17 24	15 39	41	7 26	85

TU	♈ P.° m.° G.: 8h 35m,1 h. G. ♈	VENUS: −3,4 P.° m.° G.: 11h 19m h. G. ♀	Dec.	MARTE: +1,6 P.° m.° G.: 16h 38m h. G. ♂	Dec.	JUPITER: −1,6 P.° m.° G.: 11h 12m h. G. ♃	Dec.	SATURNO: +0,5 P.° m.° G.: 16h 34m h. G. ♄	Dec.
0h	230° 52',6	190° 22',7	+14° 36',3	110° 20',7	+22° 11',0	191° 43',7	+14° 18',3	110° 48',4	+21° 0',0
1	245 55,1	205 22,2	37,3	125 21,7	10,7	206 45,6	18,5	125 50,7	0,0
2	260 57,5	220 21,7	38,3	140 22,7	10,4	221 47,5	18,7	140 53,0	+21 0,0
3	276 0,0	235 21,1	39,3	155 23,7	10,1	236 49,4	18,9	155 55,2	+20 59,9
4	291 2,4	250 20,6	40,3	170 24,7	9,8	251 51,2	19,1	170 57,5	59,9
5	306 4,9	265 20,0	41,3	185 25,7	9,5	266 53,1	19,2	185 59,7	59,8
6	321 7,4	280 19,5	+14 42,3	200 26,8	+22 9,2	281 55,0	+14 19,4	201 2,0	+20 59,8
7	336 9,8	295 19,0	43,3	215 27,8	8,9	296 56,9	19,6	216 4,3	59,8
8	351 12,3	310 18,4	44,3	230 28,8	8,6	311 58,8	19,8	231 6,5	59,7
9	6 14,8	325 17,9	45,3	245 29,8	8,3	327 0,7	20,0	246 8,8	59,7
10	21 17,2	340 17,3	46,3	260 30,8	7,9	342 2,6	20,1	261 11,0	59,7
11	36 19,7	355 16,8	47,3	275 31,8	7,6	357 4,4	20,3	276 13,3	59,6
12	51 22,2	10 16,2	+14 48,3	290 32,8	+22 7,3	12 6,3	+14 20,5	291 15,6	+20 59,6
13	66 24,6	25 15,7	49,2	305 33,8	7,0	27 8,2	20,7	306 17,8	59,6
14	81 27,1	40 15,2	50,2	320 34,8	6,7	42 10,1	20,9	321 20,1	59,5
15	96 29,6	55 14,6	51,2	335 35,8	6,4	57 12,0	21,1	336 22,3	59,5
16	111 32,0	70 14,1	52,2	350 36,8	6,1	72 13,9	21,2	351 24,6	59,4
17	126 34,5	85 13,5	53,2	5 37,8	5,8	87 15,7	21,4	6 26,9	59,4
18	141 36,9	100 13,0	+14 54,2	20 38,8	+22 5,5	102 17,6	+14 21,6	21 29,1	+20 59,4
19	156 39,4	115 12,4	55,2	35 39,8	5,2	117 19,5	21,8	36 31,4	59,3
20	171 41,9	130 11,9	56,2	50 40,8	4,9	132 21,4	22,0	51 33,6	59,3
21	186 44,3	145 11,3	57,1	65 41,8	4,5	147 23,3	22,2	66 35,9	59,3
22	201 46,8	160 10,8	58,1	80 42,8	4,2	162 25,2	22,3	81 38,2	59,2
23	216 49,3	175 10,2	+14 59,1	95 43,9	3,9	177 27,0	22,5	96 40,4	59,2
24	231 51,7	190 9,7	+15 0,1	110 44,9	+22 3,6	192 28,9	+14 22,7	111 42,7	+20 59,1
Dif.	—	− 5	+10	+10	− 3	+19	+ 2	+23	0

Fig. 2.3.1.5

ESTRELLAS, 1976 — Posiciones aparentes — DECLINACION

N.º	NOMBRES	Magnitud		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.e	Octubre	Nov.e	Dic.e
			°	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′
51 – μ	Velorum.	2,8	−49	17,6	17,7	17,9	18,0	18,1	18,1	18,0	17,9	17,8	17,7	17,7	17,7
52 – ν	Hydræ.	3,3	−16	4,2	4,3	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,3	4,2	4,2	4,3	4,4
53 – β	UMa. *Merak.*	2,4	+56	30,3	30,4	30,5	30,6	30,7	30,7	30,7	30,5	30,4	30,2	30,1	30,0
54 – α	UMa. *Dubhe.*	2,0	+61	52,5	52,5	52,7	52,8	52,9	52,9	52,8	52,7	52,6	52,4	52,2	52,2
55 – β	Leo. *Denebola.*	2,2	+14	42,1	42,1	42,1	42,1	42,2	42,2	42,2	42,2	42,2	42,1	42,0	41,9
56 – γ	Crv. *Gienah.*	2,8	−17	24,6	24,7	24,8	24,8	24,9	24,9	24,8	24,8	24,7	24,7	24,7	24,8
57 – α	Cru. *Acrux.*	1,1	−62	57,8	57,9	58,1	58,3	58,4	58,5	58,5	58,4	58,3	58,1	58,0	58,0
58 – γ	Cru. *Gacrux.*	1,6	−56	58,6	58,7	58,9	59,1	59,2	59,2	59,2	59,1	59,0	58,9	58,8	58,8
59 – γ	Cen. *Muhlifain.*	2,4	−48	49,6	49,7	49,8	50,0	50,1	50,1	50,1	50,1	49,9	49,8	49,8	49,8
60 – β	Cru. *Mimosa.*	1,5	−59	33,3	33,4	33,6	33,7	33,9	33,9	33,9	33,9	33,8	33,6	33,5	33,5
61 – ε	UMa. *Alioth.*	1,7	+56	5,0	5,0	5,1	5,2	5,4	5,5	5,5	5,4	5,3	5,1	4,9	4,8
62 – α	CVn. *Cor Caroli.*	2,9	+38	26,5	26,5	26,6	26,7	26,8	26,9	26,9	26,9	26,8	26,6	26,5	26,3
63 – ε	Virginis.	3,0	+11	5,1	5,0	5,0	5,0	5,1	5,1	5,2	5,2	5,2	5,1	5,0	4,9
64 – ζ	UMa. *Mizar.*	2,2	+55	2,6	2,6	2,7	2,9	3,0	3,1	3,1	3,1	3,0	2,8	2,6	2,5
65 – α	Vir. *Spica.*	1,2	−11	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,4	2,4
66 – η	UMa. *Alkaid.*	1,9	+49	25,6	25,6	25,7	25,8	25,9	26,0	26,1	26,1	26,0	25,8	25,6	25,5
67 – β	Cen. *Hadar.*	0,9	−60	15,3	15,3	15,5	15,6	15,8	15,9	15,9	15,9	15,8	15,7	15,5	15,5
68 – θ	Cen. *Menkent.*	2,3	−36	15,0	15,1	15,2	15,3	15,4	15,5	15,5	15,4	15,4	15,3	15,2	15,2
69 – α	Boo. *Arcturus.*	0,2	+19	18,2	18,1	18,1	18,2	18,3	18,4	18,4	18,4	18,4	18,3	18,2	18,1
70 – α	Cen. *Rigil Kent.*	0,1	−60	43,9	43,9	44,0	44,2	44,3	44,4	44,5	44,4	44,4	44,3	44,1	44,1
71 – α	Lib. *Zubenelgenubi.*	2,9	−15	56,5	56,6	56,7	56,7	56,7	56,7	56,7	56,7	56,7	56,6	56,6	56,7
72 – β	UMi. *Kochab.*	2,2	+74	14,9	14,9	14,9	15,1	15,2	15,4	15,4	15,4	15,3	15,2	15,0	14,8
73 – β	Libræ.	2,7	− 9	17,7	17,8	17,8	17,9	17,8	17,8	17,8	17,8	17,7	17,7	17,8	17,8
74 – α	CrB. *Alphecca.*	2,3	+26	47,5	47,4	47,4	47,5	47,6	47,7	47,8	47,8	47,8	47,8	47,6	47,5
75 – α	Serpentis.	2,8	+ 6	30,0	29,9	29,8	29,9	29,9	30,0	30,1	30,1	30,1	30,1	30,0	29,9
76 – α	Sco. *Antares.*	1,2	−26	22,7	22,7	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8	22,8
77 – α	TrA. *Atria.*	1,9	−68	58,9	58,8	58,9	58,9	59,1	59,2	59,3	59,4	59,4	59,3	59,2	59,1
78 – ε	Scorpii.	2,4	−34	14,9	14,9	15,0	15,0	15,0	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,0	15,0
79 – η	Oph. *Sabik.*	2,6	−15	41,7	41,7	41,8	41,8	41,8	41,7	41,7	41,7	41,7	41,7	41,7	41,7
80 – α	Herculis.	{3,0 / 3,7}	+14	25,0	24,9	24,9	24,9	25,0	25,1	25,2	25,2	25,3	25,2	25,2	25,1
81 – λ	Sco. *Shaula.*	1,7	−37	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,2	5,2	5,2
82 – α	Oph. *Rasalhague.*	2,1	+12	34,6	34,5	34,5	34,5	34,6	34,7	34,8	34,8	34,9	34,8	34,8	34,7
83 – θ	Scorpii.	2,0	−42	58,9	58,8	58,8	58,9	58,9	59,0	59,0	59,1	59,1	59,1	59,0	58,9
84 – γ	Dra. *Eltanin.*	2,4	+51	29,4	29,3	29,2	29,3	29,4	29,6	29,7	29,9	29,9	29,9	29,8	29,6
85 – ε	Sgr. *Kaus Australis.*	2,0	−34	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,7	23,8	23,8	23,7	23,7
86 – α	Lyr. *Vega.*	0,1	+38	45,7	45,5	45,5	45,5	45,6	45,7	45,9	46,0	46,1	46,1	46,0	45,9
87 – σ	Sgr. *Nunki.*	2,1	−26	19,6	19,6	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5
88 – α	Aql. *Altair.*	0,9	+ 8	48,3	48,3	48,2	48,2	48,3	48,4	48,5	48,6	48,7	48,7	48,6	48,6
89 – γ	Cygni.	2,3	+40	10,9	10,8	10,7	10,6	10,7	10,8	11,0	11,2	11,3	11,3	11,3	11,2
90 – α	Pav. *Peacock.*	2,1	−56	48,7	48,6	48,5	48,4	48,4	48,4	48,5	48,6	48,6	48,7	48,7	48,6
91 – α	Cyg. *Deneb.*	1,3	+45	11,8	11,7	11,6	11,5	11,6	11,7	11,9	12,0	12,2	12,2	12,2	12,2
92 – α	Cep. *Alderamin.*	2,6	+62	29,3	29,1	29,0	28,9	28,9	29,0	29,2	29,4	29,5	29,7	29,7	29,6
93 – ε	Peg. *Enif.*	2,5	+ 9	46,0	45,9	45,9	45,9	46,0	46,1	46,2	46,3	46,3	46,4	46,4	46,3
94 – δ	Capricorni.	3,0	−16	14,2	14,2	14,1	14,1	14,0	13,9	13,8	13,8	13,8	13,8	13,9	13,9
95 – α	Gru. *Al Na'ir.*	2,2	−47	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,5	4,5
96 – β	Gruis.	2,2	−47	0,7	0,6	0,5	0,4	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5
97 – α	PsA. *Fomalhaut.*	1,3	−29	45,0	45,0	44,9	44,8	44,7	44,6	44,5	44,5	44,6	44,6	44,7	44,7
98 – β	Peg. *Scheat.*	2,6	+27	57,3	57,3	57,2	57,1	57,1	57,2	57,3	57,5	57,6	57,7	57,7	57,7
99 – α	Peg. *Markab.*	2,6	+15	4,7	4,6	4,6	4,6	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,1	5,1

Fig. 2.3.1.6

2.3.3.- Conocida la hora y la fecha en TU, la situación de estima, la altura instrumental Sol o de una estrella, el error de índice del sextante y la elevación del observador sobre el horizonte calcular:

1.- <u>Correcciones y obtener la altura verdadera del Sol (limbo inferior) o estrella</u>

a) <u>Altura verdadera al Sol</u>

En las observaciones, para pasar las alturas observadas a verdaderas hay que aplicar una serie de correcciones.

- Corrección por ***Depresión (D)***
- Corrección por ***Refracción (R)*** por observarse los astros más elevados
- Corrección de índice o ***error instrumental (Ei)*** (suma de todos los errores del sextante)
- ***Paralaje*** por no estar el observador en el centro de la Tierra
- En el caso del Sol una ***corrección por el semidiámetro (SD)*** por observar un limbo (superior o inferior) de este astro.

Ejemplo: *El día 16 de Julio de 1985 se toma altura instrumental al Sol 22º 10' en su limbo inferior. El error de índice es de -3,5' siendo la elevación del observador de 8 metros. Calcular la altura verdadera.*

Lo primero es el cálculo de la altura observada, para cual a la instrumental se le aplica el error de índice:

22º 10' +
3,5' -
22º 6,5' altura observada (Ao)

En la ***página 387*** del ***A.N.*** (fig.2.3.1) da la corrección en tres tablas. La **TABLA A** si entramos en ella con ***la elevación*** nos proporcionara la corrección por ***depresión*** siempre con ***signo negativo***, que en este caso será **- 5'**

En la **TABLA B**, en función de los grados obtenidos en el cálculo de la altura observada se calcula la corrección del ***semidiámetro (SM), refracción*** y ***paralaje***, siempre con ***signo positivo*** que en este caso es de **+ 13,8'**

Por ultimo en la tabla de la derecha ***corrección adicional*** en función de la fecha de la observación ***siempre con su signo***, en este caso **- 0,3'**

Ao	22º	6,5'	+
Dp		5,0'	-
Ref		13,8'	+
Ca		0,3'	-
Av	**22º**	**15'**	

b) <u>Alturas a las estrellas y planetas</u>

En este caso las correcciones de SD y paralaje ***son nulas debido a la distancia***

Ejemplo: *Se obtiene altura observada (ya corregido el Ei) 42º 17' altura del observador 7 metros, obtener altura verdadera.*

Ao	42º	17,5'	+	
Dp		4,7'	-	
Ca		1,1'	-	(se extrapola ambos resultados)
Av	**42º**	**11'2**		

En el caso de los planetas ***Martes*** y ***Venus*** a veces ***sus paralaje son apreciable***, por lo que se recurre a la **TABLA C** para el cálculo de sus correcciones Los planetas ***Júpiter*** y ***Saturno*** no tienen paralaje.

CORRECIONES PARA OBTENER LA ALTURA VERDADERA DEL LIMBO INFERIOR DEL SOL, PLANETA O ESTRELLA

387

TABLA A

DEPRESION DE HORIZONTE

Elevación del Observador en metros	Correc.	Elevación del Observador en metros	Correc.
m	′	m	′
1.9	−2.5	13.6	−6.6
2.0	2.6	14.0	6.7
2.2	2.7	14.4	6.8
2.3	2.8	14.8	6.9
2.5	2.9	15.3	7.0
2.7	3.0	15.7	7.1
2.9	3.1	16.2	7.2
3.1	3.2	16.6	7.3
3.3	3.3	17.1	7.4
3.5	3.4	17.6	7.5
3.7	3.5	18.0	7.6
3.9	3.6	18.5	7.7
4.2	3.7	19.0	7.8
4.4	3.8	19.5	7.9
4.7	3.9	20.0	8.0
4.9	4.0	20.5	8.1
5.2	4.1	21.0	8.2
5.4	4.2	21.5	8.3
5.7	4.3	22.1	8.4
6.0	4.4	22.6	8.5
6.2	4.5	23.1	8.6
6.5	4.6	23.7	8.7
6.8	4.7	24.2	8.8
7.1	4.8	24.8	8.9
7.4	4.9	25.4	9.0
7.7	5.0	25.9	9.1
8.0	5.1	26.5	9.2
8.4	5.2	27.1	9.3
8.7	5.3	27.7	9.4
9.0	5.4	28.3	9.5
9.4	5.5	28.9	9.6
9.7	5.6	29.5	9.7
10.1	5.7	30.1	9.8
10.4	5.8	30.7	9.9
10.8	5.9	31.3	10.0
11.2	6.0	32.0	10.1
11.6	6.1	32.6	10.2
11.9	6.2	33.3	10.3
12.3	6.3	33.9	10.4
12.7	6.4	34.6	10.5
13.1	−6.5	35.2	−10.6
13.6		35.9	

TABLA B = SOL (L MBO INFERIOR)

SEMIDIAMETRO, REFRACCION Y PARALAJE

Altura Observada limbo inferior Sol	Correc.	Altura Observada limbo inferior Sol	Correc.	Altura Observada limbo inferior Sol	Correc.	Altura Observada limbo inferior Sol	Correc.
° ′	′	° ′	′	° ′	′	° ′	′
6 15	+8.2	8 45	+10.2	13 23	+12.2	25 59	+14.2
6 21	8.3	8 54	10.3	13 44	12.3	27 12	14.3
6 27	8.4	9 5	10.4	14 6	12.4	28 32	14.4
6 33	8.5	9 15	10.5	14 29	12.5	29 59	14.5
6 40	8.6	9 26	10.6	14 53	12.6	31 34	14.6
6 46	8.7	9 37	10.7	15 18	12.7	33 19	14.7
6 53	8.8	9 48	10.8	15 45	12.8	35 16	14.8
7 0	8.9	10 0	10.9	16 13	12.9	37 25	14.9
7 6	9.0	10 12	11.0	16 43	13.0	39 49	15.0
7 14	9.1	10 25	11.1	17 14	13.1	42 30	15.1
7 21	9.2	10 38	11.2	17 47	13.2	45 30	15.2
7 28	9.3	10 52	11.3	18 23	13.3	48 53	15.3
7 36	9.4	11 6	11.4	19 1	13.4	52 43	15.4
7 44	9.5	11 21	11.5	19 41	13.5	57 1	15.5
7 52	9.6	11 36	11.6	20 24	13.6	61 51	15.6
8 0	9.7	11 52	11.7	21 10	13.7	67 16	15.7
8 8	9.8	12 9	11.8	21 59	13.8	73 14	15.8
8 17	9.9	12 26	11.9	22 53	13.9	79 42	15.9
8 26	10.0	12 44	12.0	23 50	14.0	86 30	+16.0
8 35	+10.1	13 3	+12.1	24 52	+14.1	90 0	
8 45		13 23		25 59			

CORREC. ADICIONAL

FECHAS		Correc.
Ene.	1	+0.3
Ene.	22	+0.2
Feb.	26	+0.1
Mar.	22	0.0
Abr.	13	−0.1
May.	7	−0.2
Jun.	12	−0.3
Jul.	27	−0.2
Sep.	1	−0.1
Sep.	25	0.0
Oct.	17	+0.1
Nov.	9	+0.2
Dic.	15	+0.3
Dic.	31	

TABLA C = PLANETAS Y ESTRELLAS

REFRACCION

Altura Observ.	Correc.	Altura Observ.	Correc.
° ′	′	° ′	′
6 30	−7.8	14 0	−3.8
6 40	7.6	15 0	3.6
6 50	7.5	16 0	3.3
7 0	7.3	17 0	3.1
7 15	7.1	18 0	3.0
7 30	6.9	19 0	2.8
7 45	6.7	20 0	2.6
8 0	6.5	21 0	2.5
8 15	6.3	22 0	2.4
8 30	6.2	24 0	2.2
8 45	6.0	26 0	2.0
9 0	5.9	28 0	1.8
9 20	5.7	32 0	1.6
9 40	5.5	36 0	1.3
10 0	5.3	40 0	1.2
10 30	5.1	45 0	1.0
11 0	4.8	50 0	0.8
11 30	4.6	60 0	0.6
12 0	4.5	70 0	0.4
12 30	4.3	80 0	−0.2
13 0	4.1	90 0	0.0
14 0	−3.8		

PARALAJE

FECHAS		VENUS PARA CUALQUIER ALTURA	MARTE ALTURAS OBSERVADAS <30°	>30° <60°	>60°
		′	′	′	′
Ene.	1	+0.2	+0.1	+0.1	0.0
Feb.	4	+0.3	+0.1	+0.1	0.0
Feb.	27	+0.4	+0.1	+0.1	0.0
Mar.	16	+0.5	+0.1	+0.1	0.0
Mar.	21	+0.5	+0.1	+0.1	+0.1
Mar.	30	+0.5	+0.2	+0.1	+0.1
Abr.	11	+0.4	+0.2	+0.1	+0.1
Abr.	26	+0.4	+0.2	+0.2	+0.1
Abr.	28	+0.3	+0.2	+0.2	+0.1
May.	17	+0.3	+0.3	+0.2	+0.1
May.	20	+0.2	+0.3	+0.2	+0.1
Jul.	5	+0.1	+0.3	+0.2	+0.1
Agt.	1	+0.1	+0.2	+0.2	+0.1
Agt.	29	+0.1	+0.2	+0.1	+0.1
Oct.	8	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1
Oct.	21	+0.1	+0.1	+0.1	0.0
Dic.	31				

Para el uso de estas tablas, en los valores explícitos tomar el valor superior.

Fig. 2.3.3.1

2.4.- RECTA DE ALTURA SOL Y ESTRELLAS

Cuando conocemos la altura de un astro A (fig.2.4.1) conocemos la ***distancia cenital*** **(dz),** o lo que es lo mismo la distancia entre el astro (A) y el cenit (Z) ya que ***dz = 90º - a***. En ese momento el cenit **(Z)** del observador **(OB)** en un punto de la circunferencia que tiene como centro el astro **(A)** y por radio la ya conocida distancia cenita **(dz),** lógicamente esto ocurre en el preciso instante de la observación ya que después al cambiar la posición del astro cambia tanto su distancia cenital como el radio.

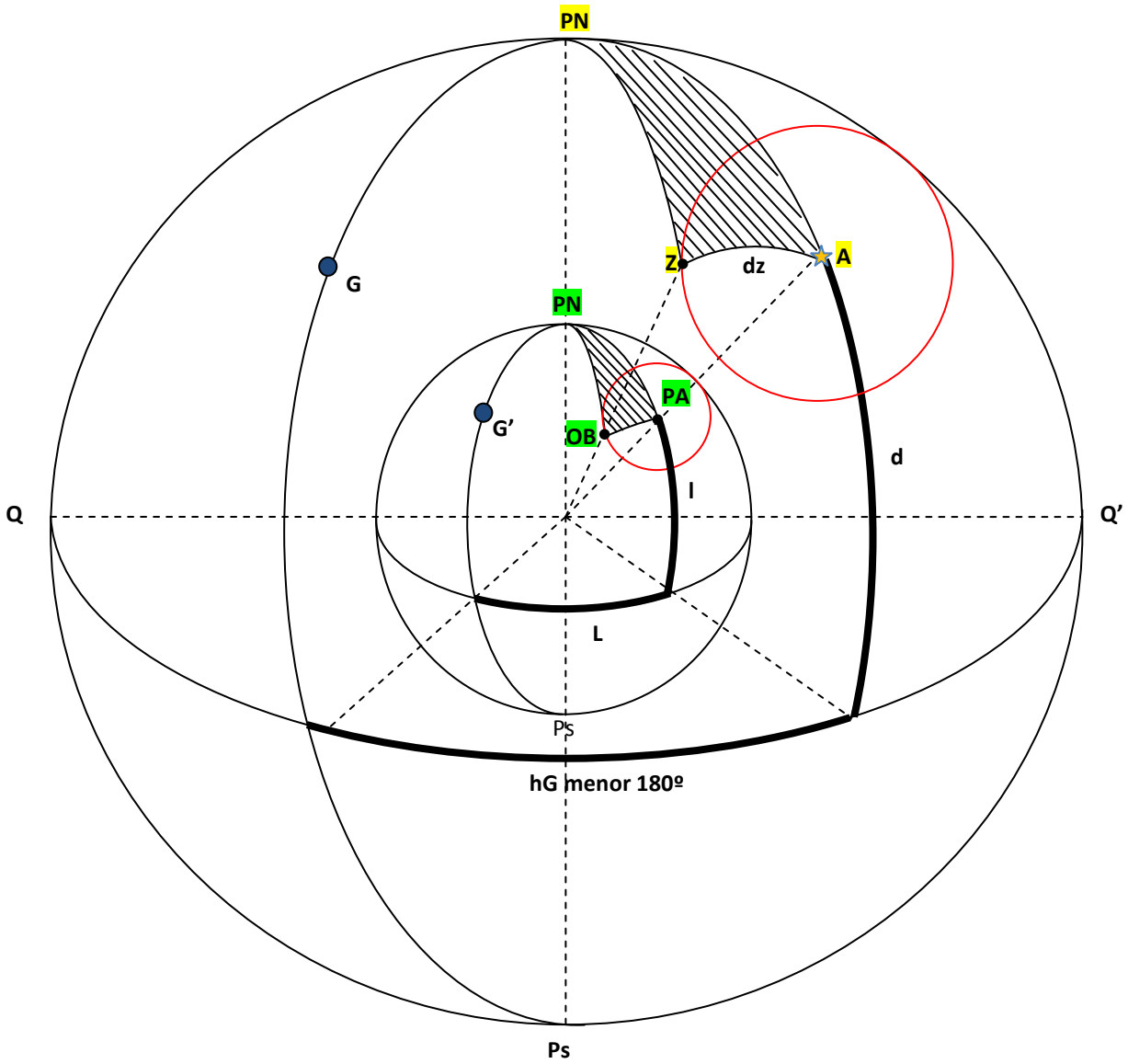


Fig. 2.4.1

Conocemos que ***el cenit*** **(Z)** se corresponde con la ***posición en la esfera terrestre del observador*** **(OB)** y el ***punto en la esfera terrestre que se corresponde con la posición del astro en la esfera celeste*** se denomina ***polo de iluminación o punto astral*** **(PA)**.

Como se puede ver en la fig. 2.4.1, la distancia cenital (dz) es el radio de la circunferencia siendo el centro de la misma el astro (A). Si esta circunferencia ***se proyecta sobre la esfera terrestre*** tendremos que esta contendrá al ***observador*** **(OB)** por centro de la misma al ***polo punto astral*** **(PA)** y por radio la ***distancia cenital*** **(dz).** A esta circunferencia se le denomina el ***circulo de altura la cual podemos decir que es el lugar geométrico donde se ve al astro con la misma altura***, así por ejemplo si se observa un astro con una altura de 40º el observador ha de encontrarse en cualquier punto de una circunferencia que tiene por centro el punto astral del astro y por radio y por radio 50º (z = 90-50 = 50º).

Ese ***punto astral*** **(PA)** puede ***situarse con la declinación del astro*** **(d)** y por el ***horario de Greenwich*** **(menor de 180º).**

Al proyectar este círculo sobre la superficie terrestre disminuyen los radios de los círculos máximos que definen al triangulo de posición pero no sus ángulos, lo que significa que:

Latitud = Declinación
Longitud = hG (menor de 180º)

Es esta la razón por la que se le denomina a este círculo, ***circulo de alturas iguales***.

Este círculo de altura, para un momento determinado y una vez que tengamos calculado **PA** no es otra cosa que una ***línea de posición,*** similar a la que utilizamos en las demoras, enfilaciones etc.. , por lo que si tomamos altura a un segundo astro y se calcula su **PA**, al trazarla ***obtendremos otra línea de posición*** que ***se cruzarán en dos puntos***, tomando ***ahora altura a otro astro obtendremos la situación real de estima en ese instante.***

En la realidad al llevar nuestra posición de estima actualizada bastaría con realizar los cálculos solo a dos astros para volver a actualizar la posición.

El trazar estos círculos de altura en las cartas mercatorianas es algo muy lento y laborioso a pesar de que solo tengamos que trazar un trozo del arco del círculo.

En los cálculos de estima el error que podemos cometer dependerá principalmente del tiempo que ha transcurrido desde el último cálculo así como del estado de la mar y los cálculos erróneos de las corrientes u otros elementos no tenidos en cuenta.

Si calculamos un error máximo y con centro en el punto estimado **(PE)** trazamos un círculo cuyo radio sea precisamente el error máximo calculado **(EC)** (fig. 2.4.2) la embarcación estará dentro de uno de los puntos del círculo trazado, es decir ***dentro del círculo de error***.

Desde el polo de iluminación **(PA)** se traza el circulo de altura, cuyo radio, como hemos visto más arriba es la ***distancia cenital*** debiendo la embarcación encontrase dentro de ese círculo, pero además también debe estar dentro del circulo de error, por lo tanto debe estar en **A-S-A',** siendo este el ***único arco que hay que trazar sobre la carta***.

Este arco, dado que es muy pequeño se sustituye por una arco de loxodrómica **Lo – Lo'** (forma ángulos iguales con los meridianos de las cartas mercatorianas), bien ***tangente*** o bien ***secante*** uniendo dos puntos del circulo de altura (A-A'), por lo tanto ese trozo de ***recta que representa al arco de loxodrómica es lo que se denomina recta de altura***.

El error que se comete al sustituir el arco del círculo de altura por un arco de loxodrómica ***es tanto menor cuanto mayor sea el radio del círculo,*** es decir la ***Dc = 90º - altura***, por lo que es ***conveniente observar astro cuyas altura no sean muy grande.***

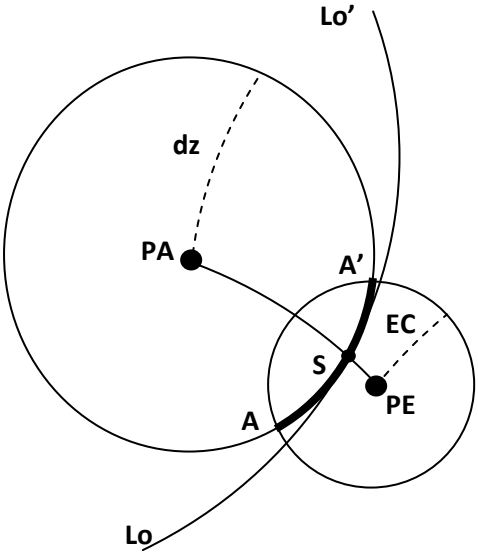


Fig. 2.4.2

2.4.1.- Recta de altura: sus determinantes. Casos particulares de la recta de altura

2.4.1.1.- Determinantes

Se consideran ***determinantes*** a los ***datos necesarios para que sobre la carta se pueda trazar la recta de altura de un astro determinado***, denominándose puntos o ***punto determinante*** **(S)** de la recta de altura al definido por los datos contenidos en sus determinantes, es decir las ***coordenadas geográficas o polares***. Por lo tanto se pueden considerar como los puntos de contacto que dicha recta tiene con el círculo de altura.

Estas rectas pueden ser tangentes o bien secantes aunque las secantes no se utilizan por resultar que sus cálculos son muy laborioso.

2.4.1.2.- Casos particulares de la recta de altura

Se pueden considerar ***tres casos***:

a) *Cuando el horario de un astro* ***es 0º o 180º*** *o lo que es lo mismo* ***en el momento que pasa por el meridiano superior o inferior*** *respectivamente.*

b) *Cuando obtenemos* ***la altura a la POLAR.***

c) *Cuando la observación del astro se realiza* ***en el momento que este corte el vertical primario.*** En este caso solo hay que tener en cuenta que el ***azimut del astro 090º o 270º***, la recta de altura esta sobre el meridiano, es decir se confunde con este.

a) LATITUD POR LA ALTURA MERIDIANA DEL SOL

Cuando tomamos la altura a un astro ***en el momento que dicho astro pasa por el meridiano*** su vertical y su círculo horario se superponen, consecuencia de esto es que ***no existe el triángulo de posición***. En ese momento el azimut es **N** o **S** y al ser perpendicular a la recta de altura está se coincide con el paralelo de latitud del observador lo que hace que facilitar el cálculo de esta línea de posición.

En primer lugar analicemos cuando el astro ***pasa por el meridiano superior*** por lo que en ese momento podremos decir que ***para un astro, cuya declinación sea constante, la altura es la máxima***.

En la fig. 2.4.1.2 a) se puede ver como:

$$l = d - z$$

Como tanto l como d pueden tomar signos positivos o negativos según sean N o S, y la distancia cenital (z) positiva cuando el astro tiene azimut Norte y negativa cuando lo tiene Sur, esta fórmula se considera general por lo que hay que aplicarle los signos correspondientes para realizar su cálculo.

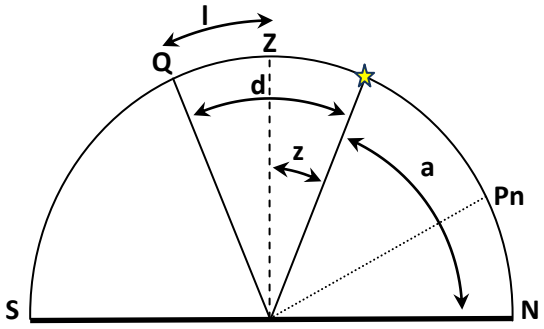


Fig. 2.4.1.2 a)

Así, en el caso de la fig. 2.4.1.2 b) al tener un azimut Sur su signo será negativo por lo tanto:

$$l = d - (-z) = d + z$$

En el caso de la fig. 2.4.1.2 c) ***tanto z como d son negativas*** por lo tanto tendremos:

$$l = - d - (-z) = - d + z = z - d$$

Todos los casos han sido considerados con el ***observador en el hemisferio Norte.***

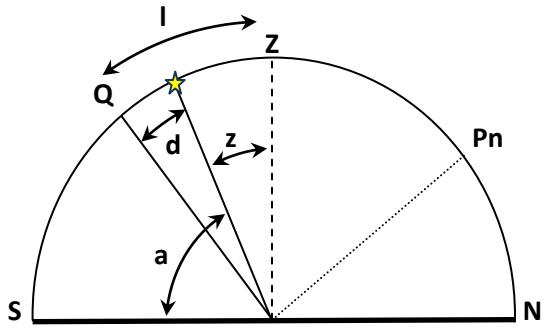


Fig. 2.4.1.2 b)

En la fig. 2.4.1.2 d) se representa un observador en el ***hemisferio Sur*** donde ***tanto z como d son positivas***

$$l = d - z$$

Al ser d menor que z la diferencia será negativa, ya que este es el signo que le corresponde a una latitud Sur.

En la fig. 2.4.1.2 e) ***d es negativa*** mientras z es positiva

$$l = - d - z$$

En la fig. 2.4.1.2 f) cunado ***d y z son negativas***

$$l = -d - (-z) = -d + z$$

Al ser d mayor que z la latitud ***resulta negativa***, es decir Sur

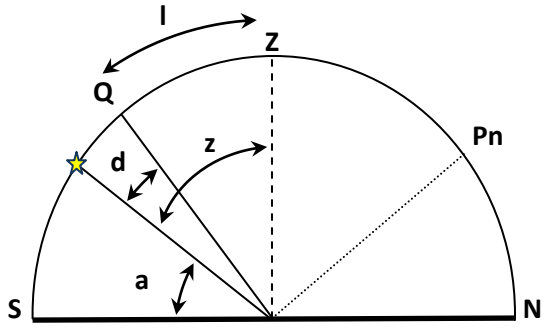


Fig. 2.4.1.2 c)

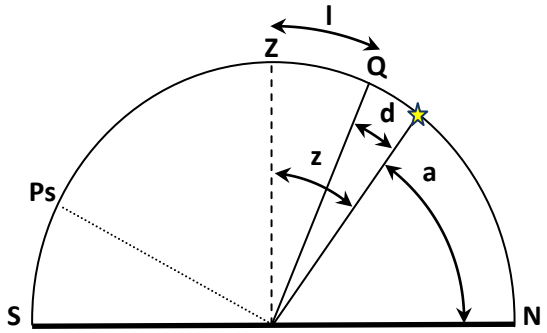


Fig. 2.4.1.2 d)

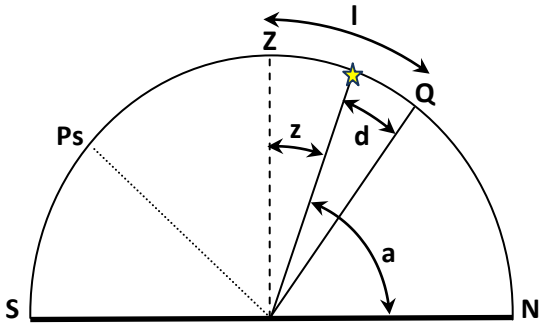


Fig. 2.4.1.2 e)

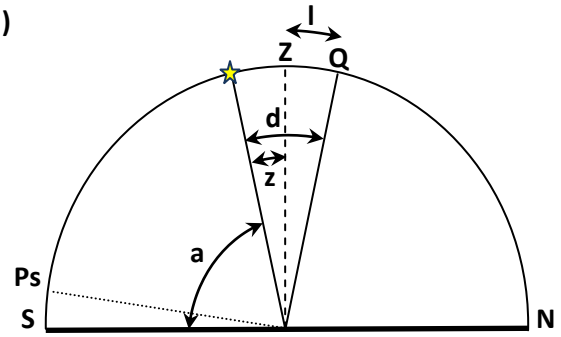


Fig. 2.4.1.2 f)

Ateniéndonos a lo aquí explicado se puede deducir como regla general que***: la latitud meridana es igual a la declinación menos la distancia cenital teniendo en cuenta que será positiva si su observación se realiza cara al Norte y negativa si se realiza cara al Sur.***

Es esta observación la que se realiza habitualmente, ya que ***es infrecuente las del paso por el meridiano inferior*** la cual solo se efectúa en grandes latitudes donde por regla general la navegación es escasa.

Ejemplo:

El día 1 de Mayo de 1980 se obtiene ai (limbo inferior) del Sol 66º 55' cara al Sur, siendo su declinación + 15º 12,2' y la altura del observador 8 metros ei = 1' (-). Calcular la latitud meridiana.

Calculamos la altura verdadera

ai =	66º 55,0'		
ci =	1,0' (-)		
ao =	66º 54,0'		
Cao =	5,1' (-)	(por altura observador)	
Ca =	0,1' (-)	(adicional)	
Crp =	15,6' (+)	(refracción y paralaje)	
a_v =	**67º 04,4'**		

7,7	−4,9	25,9	−9,0
8,0	−5,0	26,5	−9,1
8,4	−5,1	27,1	−9,2
	−5,2		−9,3

	0,0
abr 14	−0,1
may 7	−0,2

61	51	+15,6
67	16	

Distancia cenital = 90º - altura verdadera = 90º - 67º 04,4' = 22º 55,5'

Al ser el azimut cara al Sur será negativo

Al ser declinación positiva el observador se encuentra en el hemisferio Norte

l = 15º 12,2' – (- 22º 55,5) = 38º 07,7'

Latitud = 38º 07,7' N

b) *LATITUD POR LA ALTURA DE LA ESTRELLA POLAR*

Si la Polar estuviera justamente el Norte el problema sería sencillo ya que como conocemos el Polo está separado del horizonte la latitud. Sin embrago la Polar se encuentra separada del Norte un pequeño ángulo (la codeclinación) motivo por el cual hay que ***aplicar una corrección a la altura verdadera.*** Lógicamente cualquier latitud obtenida ***siempre será Norte.***

Esta corrección se realiza ***entrando en el AN con los siguientes datos***:

- ***El horario del lugar de Aries correspondiente a la hora de observación***
- ***La altura verdadera a la Polar*** *(si dan la instrumental hay que pasarla a verdadera)*
- ***Efectuar las siguientes correcciones entrando en el AN páginas 382, 383 y 384)***
  - ***TABLA I – Horario del lugar de Aries***
  - ***TABLA II – Horario del lugar de Aries y la a_v, a la Polar***
  - ***TABLA III- Horario del lugar de Aries y la fecha***

Ejemplo:

El 14 de Mayo de 1976 en L = 10º 29' E y siendo HcG = 18h. 27m. 9s. , se toma altura instrumental a la Polar 35º 32,2' elevación del observador 12 metros y error de índice 3,6 (-). Calcular la latitud observada por la Polar.

Calculamos el horario del lugar de Aries a la hora de la observación

HGY a 18 h.	142º	36,1'
Por 27m. 6s.	6º	48,4'
HGY	149º	24,5'
Longitud E	10º	29,0' (+ por ser al Este)
HIY	**159º**	**53,5'**

Calculamos la altura verdadera

ai =	35º	32,2'	
ci =		3,6' (-)	
ao =	35º	28,6'	
Cao =		6,2' (-)	(por altura observador)
Ca =		0,2' (-)	(adicional)
Crp =		1,5' (-)	(refracción y paralaje)
a_v =	**35º**	**20,7'**	

Calculamos de la latitud observada

a_v =	35º	20,7'	
C I =		30,7'	(+)
C II =		0,2'	(+)
C III =		0,5'	(+)
Latitud = 35º 52,1' N			

11,6	6,0
11,9	6,1
12,3	6,2
12,7	6,3

Mayo	13	−0,2

32	0	1,6
36	0	1,3

1,6 + 1,3/2 =**1,45**

TABLA I

159	0	+30,1
	30	30,4
160	0	30,8
	30	31,1

159º 53,5' -> **30,7'**

TABLA II

h. L. ♈	ALTURA 10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°
0°	0,0'	0,0'	0,0'	0,1'	0,1'	0,1'	0,1'
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
60	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
80	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
100	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
120	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
140	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3
160	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
180	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1

TAB

h. L. ♈	Enero 1	Febrero 1	Marzo 1	Abril 1	Mayo 1
0°	+0,1'	0,0'	−0,1'	−0,2'	−0,4'
20	+0,1	+0,2	+0,1	−0,1	−0,2
40	+0,2	+0,2	+0,2	+0,1	−0,1
60	+0,2	+0,3	+0,3	+0,3	+0,1
80	+0,2	+0,3	+0,4	+0,4	+0,3
100	+0,2	+0,3	+0,4	+0,5	+0,4
120	+0,1	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5
140	0,0	+0,2	+0,3	+0,5	+0,5
160	0,0	+0,1	+0,2	+0,4	+0,5
180	−0,1	0,0	+0,1	+0,2	+0,4

2.5.- SITUACIÓN POR RECTAS DE ALTURA SOL Y ESTRELLAS

La tangente ***Marcq Saint-Hilaire*** es el método más usado y consiste en el ajuste de la situación de estima desplazándose de la misma por la vertical del astro que pasa por esa situación, es decir el azimut en una distancia que nos sitúe sobre el círculo de altura. Esa nueva posición obtenida es lo que denomina ***punto aproximado***, siendo sus determinantes:

- ***La situación de estima***
- ***El azimut del astro***
- ***La diferencia algebraica entre la altura verdadera y la altura estimada***

Su método es el siguiente:

- Disponer de una situación estimada a una hora determinada
- Tomar la altura instrumental a uno a mas astros

CÁLCULO DE LA ALTURA ESTIMADA

A = sen d x sen le = _____
B = cos d x cos le x cos P = _____

sen ae = A + B = _____

ae = _____

REGLA DE SIGNOS

A + CUANDO l y d SON DEL MISMO SIGNO
A - CUANDO l y d SON DE DISTINTO SIGNO
B + CUANDO P< 90º
B - CUANDO P> 90º

CÁLCULO DE LA Δa

Δa = av – ae

CÁLCULO DEL AZIMUT

p' = tag d /sen P = _____
p''= tag le / tag P = _____
p= p´+ p´´ =_____

Cot Z= cos le x p = _____

Z= _____

REGLA DE SIGNOS

p' + CUANDO l y d SON DEL MISMO SIGNO
p' – CUANDO l y d SON DE DISTINTO SIGNO
p'' + CUANDO P>90º
p'' – CUANDO P<90º

SI **p** ES + SE CONTARÁ EL AZIMUT DESDE EL POLO ELEVADO
SI **p** ES – SE CONTARÁ EL AZIMUT DESDE EL POLO DEPRESO

A continuación se calculara la ***diferencia de cada astro que le corresponde a la situación estimada y la verdadera que hemos obtenido a través de la medición***.

Esta diferencia entre las alturas, es ***el error de distancia entre la recta de altura del astro y la situación estimada***. Ya solo queda representar la línea de azimut, partiendo de la situación estimada, y sobre ella se obtiene un nuevo punto en función del error calculado, si ahora ***trazamos la perpendicular al azimut esa será la recta de altura que le corresponde al astro.***

Cuando solo se obtiene ***una sola recta el punto*** lo que se obtiene es el denominado ***punto aproximado***, siendo este el punto que se debe tomar para los cálculos de estimas sucesivas.

Para trazarla nos situamos en la carta y en caso de no disponer de ella la trazaremos sobre un papel milimetrado donde previamente se ha dibujado las escalas (fig.2.5.1). Partiendo de la ***Se***, se traza una línea recta ***en la dirección del Z*** indicando con una flecha la dirección donde se encuentra el astro.

A ***una distancia Δa*** partiendo de **Se** en ***dirección a la flecha si Δa es positiva*** y en ***dirección contraria si es negativa*** se traza ***la perpendicular siendo está la recta de altura*** (fig.2.5.2).

El buque se encuentra en un punto de esa recta de altura por lo que ***si obtenemos una segunda recta a otro astro que se observe en ese mismo instante, en punto de cruce de ambas sería la situación observada.***

Una diferencia grande de alturas, por encima de 10 millas podría indicar errores en los cálculos.

Ejemplo

El 16 de Enero de 1965 en le = 18º 8' N y L = 23º 45' W al ser la HcG = 9h. 41m. 31s., se observó altura al limbo inferior del Sol 18º 44,2' con un error de índice de -3,7' y altura del observador 5 metros. Calcular la recta de altura y dibujarla.

Cálculo de ángulo en el polo (P)

hG a la 9h.	312º	33,2'	
41m. 31s.	10º	22,8'	
hG	322º	56,0'	
Longitud	23º	45,0'	(se resta por ser W)
hl	299º	11,0'	
	360º		(por ser mayor de 180º al Este)
P =	**60º**	**49,0'**	

Cálculo de la declinación (d)

d = - 20º 56,7'

Cálculo de la altura verdadera (av)

ai =	18º	44,2'
ei =		3,7' (-)
ao =	18º	40,5'
Co		9,7' (+)
av =	**18º**	**50,2'**

Cálculo de Δa

av = 18º 50,2'
ae = 18º 45,4'
Δa = 4.8' (+)

Cálculo altura estimada (ae)

A = sen d x sen le = 0,1135 (-)
B = cos d x cos le x cos P = 0,4327 (+)
sen ae = A + B
sen ae = -0,1135 + (+0,4327) = 0,3192
ar sen 0,3192 = 18º 45,4'

ae = 18º 45,4'

Cálculo Z

p' = tag d /sen P = 0,4450 (-)
p'' = tag le / tag P = 0,1786 (-)
p = p' + p'' = 0,4450 + (-0,1786) = 0,6236 (-) al S
cotg Z = cos le x p = 0,5926 -> 1,6874
art tang 1,6874 = 59,3478

Z = S59ºE =121º

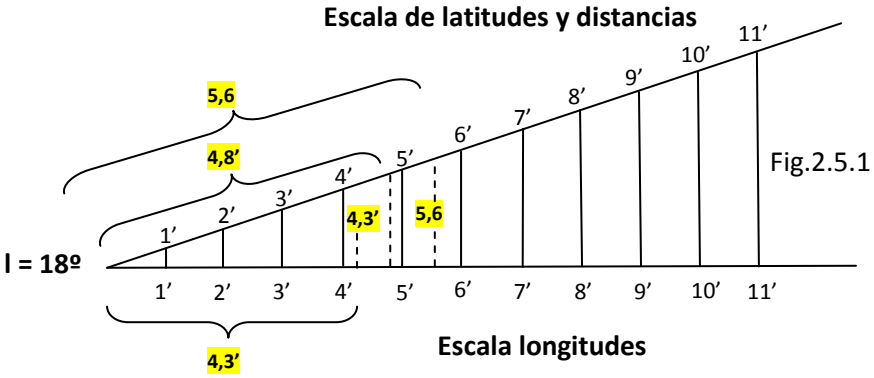


Fig.2.5.1

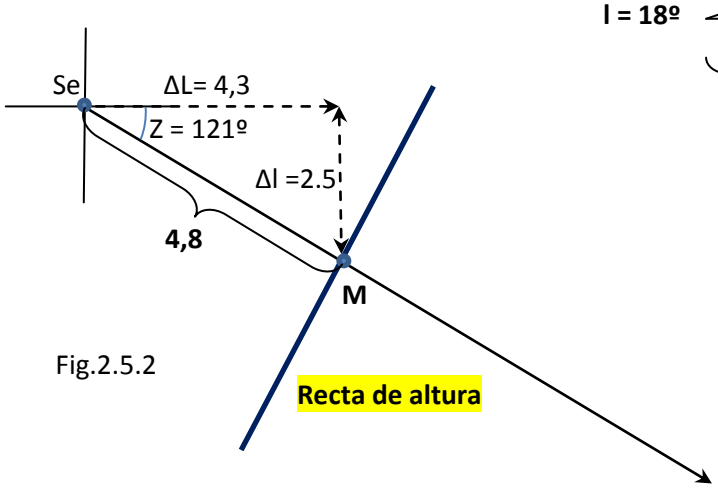


Fig.2.5.2

Situación observada PUNTO APROXIMADO (M)

Δl = 2,5' S
ΔL= 4,3' E

le = 18º 08' – 2,5' = 18º 05,5'
Le = 23º 45' – 4,3' = 23º 40,7'

l_M = 18º 05,7'
L_M = 23º 40,7'

2.5.1.- Situación por dos rectas de altura simultaneas.

Se utiliza esta técnica para calcular una situación a la hora de ambas observaciones (si las observaciones se han realizado en un intervalo de tiempo también se pueden considerar simultaneas.

Se realizan utilizando la misma técnica que en el caso del punto aproximado siendo el corte de ambas rectas la situación observada.

Sus coordenadas se obtienen tomado en las escala de la carta o de la carta en blanco la diferencia de latitud (Δl) y diferencia de longitud (ΔL) aplicando estas con sus signos correspondientes a la posición de estima inicial.

Ejemplo

El 5 de Marzo de 2010 en Se l = 24º 05' S y L = 46º 02' W, siendo HRB = 04h. 00m. 00s., se obtiene simultáneamente ai a Sahula = 52º 20,1' y ai a Arcturus = 46º 12,7'. La ci = 3 (-) y altura del observador 3 metros.

Cálculo de ángulo en el polo (P) -> SAHULA (Nº 81)

HcL	04h	00'm	
Huso	3	(W +)	
HcG	07h	00'm	
hcϒ	267º	55,5'	
Longitud	46º	02,0'	(se resta por ser w)
hl	221º	53,5'	
AS*	96º	25,1'	
hl*	318º	18,5'	(mayor de 180º al Este)
	360º		
P =	**41º**	**41,4' E**	

Cálculo declinación -> SAHULA (Nº 81)

- 37º 6,6'

Cálculo azimut

p' = tag d /sen P = 1,1375 (+)
p'' = tag le / tag P = 0,5018 (-)
p = p' + p'' = 1,1375 + (-0,5018) = 0,6357
cotg Z = cos le x p = 0,5803 -> 1,7232
art tang 1,7232 = 59,9992º

Z = S60ºE =120º

Calculo de la altura estimada

A = sen d x sen le = 0,2462 (+)
B = cos d x cos le x cos P = 0,5436 (+)

sen ae = A + B

sen ae = 1,4785 + 0,5436 = 0,7898
ar sen 0,7898 = 52,1668º

ae = 52º 10,9'

Calculo de la altura verdadera (av)

ai =	52º	20,1'	
ei =		3,0'	(-)
ao =	52º	17,1'	
eo =		3,1'	(-) (elevación)
cr =		0,8'	(-) (refracción)
av =	**52º**	**13,2'**	

Calculo de Δa

av = 52º 13,2'
ae = 52º 10,9'
Δae = 2.1' (+)

Cálculo de ángulo en el polo (P) -> ARCTURUS (Nº69)

HcL	04h	00'm	
Huso	3	(W +)	
HcG	07h	00'm	
hcϒ	267º	55,5'	
Longitud	46º	02,0'	(se resta por ser w)
hl	221º	53,5'	
AS*	145º	57,6'	
hl*	367º	51,6'	
	360º		
P =	**7º**	**51,1' W**	

Cálculo declinación -> ARCTURUS (Nº 69)

+ 19º 7,5'

Cálculo azimut ->

p' = tag d /sen P = 2,5384 (-)
p'' = tag le / tag P = 3,2415 (-)
p = p' + p'' = - 2,5384 + (-3,2415) = 5,7779
cotg Z = cos le x p = - 5.2767> 0,1895
art tang 0,1895 = 10,7303

Z = N10º 49,1W = 349º

Calculo de la altura estimada

A = sen d x sen le = 0,1336 (-)
B = cos d x cos le x cos P = 0,8544 (+)

sen ae = A + B

sen ae = - 0,1336 + 0,8544 = 0,7208
ar sen 0,7898 = 46,1205º

ae = 46º 7,2'

Calculo de la altura verdadera (av)

ai =	46º	12,7'	
ei =		3,0'	(-)
ao =	46º	09,7'	
eo =		3,1'	(-) (elevación)
cr =		1,0'	(-) (refracción)
av =	**46º**	**5,6'**	

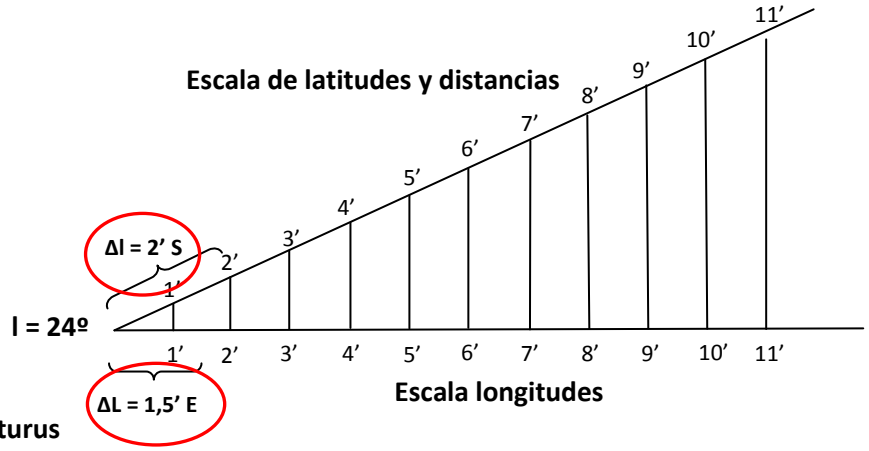
Calculo de Δa

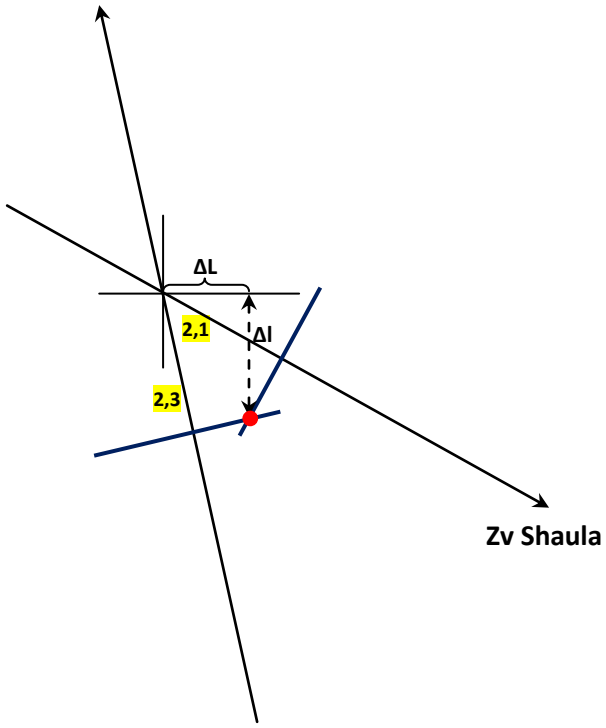
av = 46º 5,6'
ae = 46º 7,9'
Δae = 2.3' (-)

TRAZADO RECTAS DE ALTURA

En primer lugar, para el caso que no tengamos la carta náutica de la zona de navegación (lo más habitual), construiremos una gráfico con objeto de poder realizar las medidas. Para ello trazaremos una línea horizontal la cual dividiremos en partes iguales. A continuación y ayudados por un trasportador levantaremos una línea vertical en función del ángulo de nuestra latitud para proyectar sobre esta las diferentes divisiones de la línea horizontal sobre la levantada en función de la latitud.

La línea horizontal será donde realicemos la medida de las longitudes, mientras en la vertical (levantada en función de la latitud) se realizaran todas las medidas de latitudes y distancias.





SITUACIÓN OBSERVADA HRB: 04:00

I = 24º 05' S + 2' S = 24º 7' S

L = 46º 02' W – 1,5' E = 46º 00.5' W

2.5.2.- Situación por dos rectas de altura no simultaneas, calculando sus determinantes con la situación de estima correspondiente a la hora de cada observación

Se trata de tomar una recta de altura en un determinado momento y Se y tras realizar una navegación durante un tiempo conocido a un mismo rumbo y velocidad (o distintos rumbos y velocidades) ***obtener una segunda recta de altura y trasladando la primera el punto de cruce será nuestra situación observada (So)*** ya que como sabemos para calcular una situación es necesario al menos dos líneas de situación.

Para realizar esta operación habrá que realizar ***dos tipos de navegaciones***, las ***astronómica*** y la ***loxodrómica***. Para ello calculamos la primera recta de altura, realizamos los cálculos loxodrómicos en función de la Se, rumbo (o rumbos) y velocidad (o velocidades), calculamos nuestra segunda recta de altura y aplicando los cálculos loxodrómicos realizamos ***el traslado de la primera recta de altura siendo nuestra So el cruce de ambas.***

Ejemplo

Es 25 de febrero de 2012 encontrándonos en una situación estimada. l = 38º 18,5' N y L = 3º 24' E siendo a HRB = 10h, tomamos una altura del sol (limbo inferior) de 34º 53'. Nuestro rumbo es de 045º y Vm = 5 nudos, estando afectado por una corriente con Rc = 200º y de IHC = 2 nudos. Siendo HRB = 15h se toma de nuevo de altura del sol (limbo inferior) 26º 09'. La elevación del observador es de 2m y el error de índice del sextante es de -3'. Qué situación observada tendremos a las HRB=15h.

Cálculo de ángulo en el polo (P)

hG a la 10h.	326º	42,9'	
0m. 0s.	00º	00,0'	
hG	326º	42,9'	
Longitud	3º	24,0'	(se suma por ser E)
hl	330º	6,9'	
	360º		(por ser mayor de 180º al Este)
P =	**29º**	**53,2'**	**E**

Cálculo de la declinación (d)

d = - 9º 14,1'

Cálculo de la altura verdadera (av)

ai =	34º	53,0'
ei =		3,0' (-)
ao =	34º	50,5'
eo =		2,6' (-)
Rf =		14,7' (+)
Ca		0,2' (+)
av =	**35º**	**02,8'**

Calculo de la altura estimada

A = sen d x sen le = 0,0994 (-)
B = cos d x cos le x cos P = 0,6715 (+)

sen ae = A + B

sen ae = - 0,0994 + 0,6715 = 0,5721
ar sen 0,5721 = 34,8967º

ae = 34º 53,8'

Cálculo Z

p' = tag d /sen P = 0,3263 (-)
p'' = tag le / tag P = 1,3745 (-)
p = p' + p'' = - 0,3263 + (-1,3745) = 1,7006 (-) al S
cotg Z = cos le x p = 1,3345 (-)> al Sur
art tang 0,7493 = 36,8442

Z = S36,9ºE = 143º

Calculo de Δa

av = 35º 02,8'
ae = 34º 53,8'
Δae = 9,0' (+)

CALCULO LOXODRÓMICO

Rumbo	Velocidad	Distancia	N	S	E	W
045º	5 nudos	25'	17,7		17,7	
200º	2 nudos	10'		9,4		3,5
143º	1ª R.A.	9' (+)		5,4	7,2	
			17,7	14,8	24,9	3,5

Δl = 17,7 – 14,8 = 2,9' N
38º 18,5' + 0º 02,9' = 38º 21,4' cos lm = 0,7844
A = 24,9 – 3,5 = 21,4' E -> ΔL = A/cos lm = 27,3' E
003º 24' + 21,4' = 003º 41,4'

Nueva Se a las 15 h.
l = 38º 21,4' N
L = 003º 41,4' E

Cálculo de ángulo en el polo (P)

hG a la 15h.	41º	43,4’	
0m. 0s.	00º	00,0’	
hG	41º	43,4’	
Longitud	3º	41,4’	(se suma por ser E)
hl	46º	07,4’	
			(Por ser menor de 180º al W)
P =	**45º**	**24,9’**	**W**

Cálculo de la declinación (d)

d = - 9º 9,5’

Cálculo de la altura verdadera (av)

ai =	26º	09,0’
ei =		3,0’ (-)
ao =	26º	06,0’
eo =		2,6’ (-)
Rf =		14,2’ (+)
Ca		0,2’ (+)
av =	**26º**	**17,9’**

Calculo de la altura estimada

A = sen d x sen le = 0,0987 (-)
B = cos d x cos le x cos P = 0,5434 (+)

sen ae = A + B

sen ae = - 0,0987 + 0,5434 = 0,4447
ar sen 0,4447 = 26,4041º

ae = 26º 24,3’

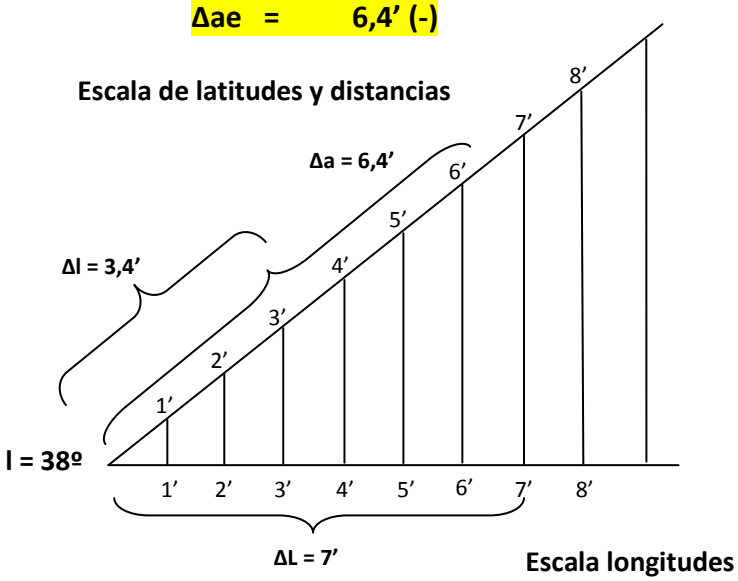
Cálculo Z

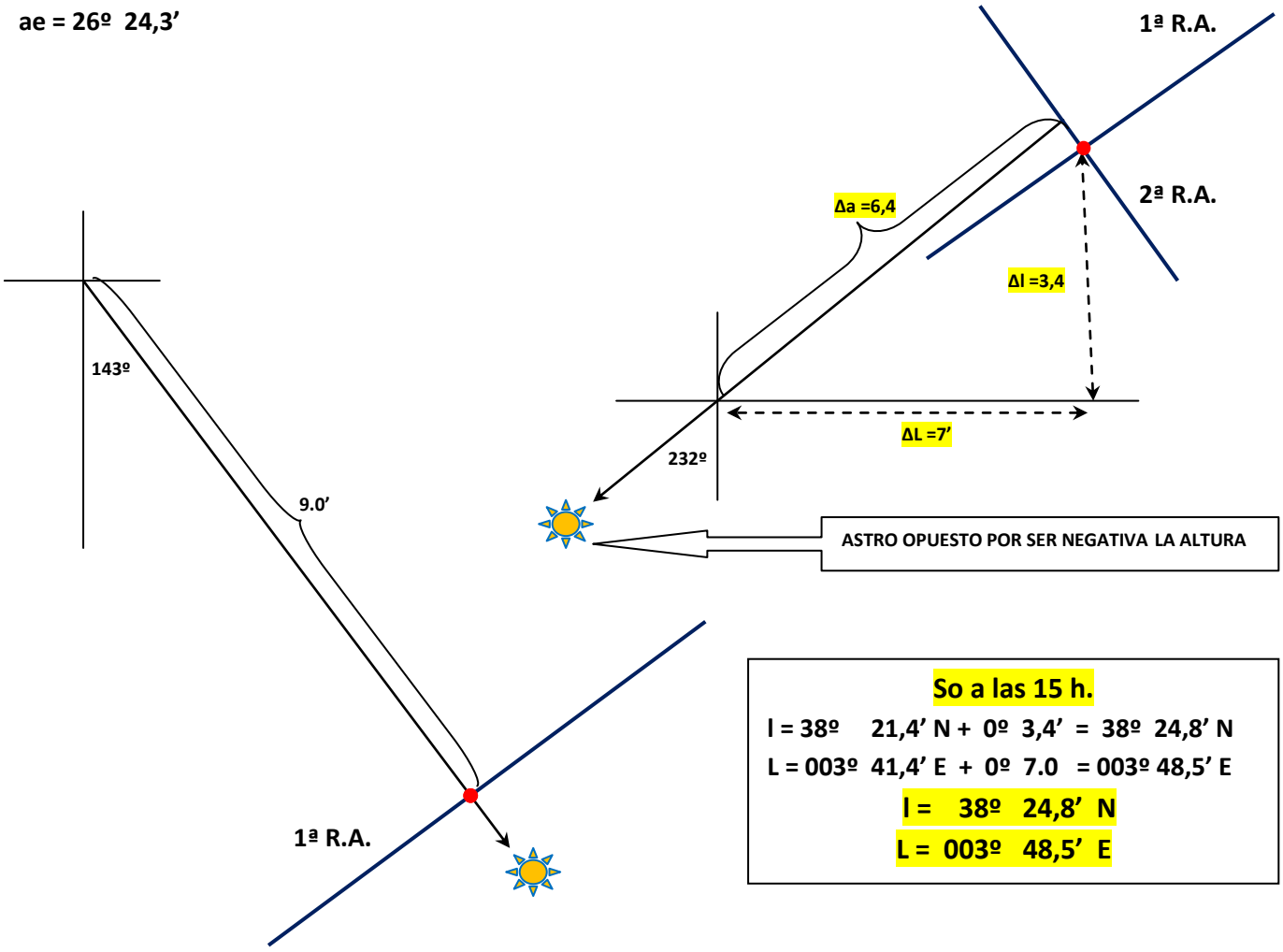
p’ = tag d /sen P = 0,2282 (-)
p’’ = tag le / tag P = 0,7799 (-)
p = p’ + p’’ = - 0,3263 + (-0,7799) = 1,008 (-) al S
cotg Z = cos le x p = 0,7905 (-) -> al Sur
art tang 1,2650 = 51,6731º

Z = S51,8ºW = 231,8º

Calculo de Δa

av = 26º 17,9’
ae = 26º 24,3’
Δae = 6,4’ (-)





So a las 15 h.

l = 38º 21,4’ N + 0º 3,4’ = 38º 24,8’ N
L = 003º 41,4’ E + 0º 7.0 = 003º 48,5’ E

l = 38º 24,8’ N
L = 003º 48,5’ E

2.5.3.- Calcular el intervalo hasta el paso del Sol y Estrellas por el Meridiano Superior del lugar del buque en movimiento.

Ya se ha estudiado como se calcula la hora de paso de un astro por el meridiano de lugar en el supuesto que el observador esté parado. Sin embargo en buque se encuentra navegando lo que hace que el meridiano varíe continuamente, a ***no ser que el buque tenga rumbos Norte o Sur*** en cuyo caso solo se tendrá que calcular la hora. Para la resolución de estos problemas hay que conocer una longitud, aunque sea aproximada, de donde se encontrará el buque cuando el astro pase por el meridiano del lugar. Para ello es necesario conocer una posición estimada anterior al paso por el meridiano, es decir un ***le*** y una ***Le*** para que con la ***Le*** inicial calcular la hora de paso del astro por el meridiano correspondiente. Lógicamente se supone que el tiempo que tarda el astro en trasladarse de ***Le*** hacía ***Le'*** es igual a la ***diferencia de longitud (ΔL)***, hipótesis bastante correcta ya que no es necesario un exactitud extrema. Estos cálculos pueden darse por buenos, sin embargo es recomendable realizar una corrección combinándolo con una estima próxima.

Ejemplo:

El día 30 de junio de 2015 al ser HRB = 08h 00m en l = 28º 12´N y L = 10º 15´W se navega al Rumbo verdadero (Rv) Rv = N78W y velocidad 24 nudos hasta el paso del Sol por el meridiano superior. Calcular la Situación estimada en ese momento y Hz.

	SOL
UT	SD: 15,7'
	PMG: 12h 03,6m

HRB = 08h 00m.
Z = 1h (la longitud corresponde al huso 1)
HcG = 09 00m. (HcG en el momento inicial)

HcL o paso Mº S Gr = 12h 03,6m (AN día 30 Junio 2015)
Le = 41,0m (longitud pasada a tiempo)
HcG = 12h 44,6m
Z = 1h
Hz = 11h 44,6m (HRB en Latitud inicial)

HcG = 12h. 44,6m. será la hora en Greenwich en el momento de paso del Sol por el meridiano del lugar en la situación inicial, por lo que ya podemos calcular el intervalo de tiempo al conocer la HcG en el momento inicial y la HcG al paso del Sol por su meridiano.

HcG = 12h. 44,6m
HcG = 9h. DN = 3h. 44,6m x 24 = 89,9 millas
Inte = 3h. 44,6m.

Aplicando ahora las fórmulas de estima calculamos la situación estimada

dl = Distancia x cos R = 89,9 x cos 78 = 18,7' N
A = Distancia x sen R = 89,9 x sen 78 = 87,9' W

Latitud = 28º 12,0' N
Δl = 18,7' N
Latitud = 28º 30,7' N

dL = A/cos lm = 87,9/0,8800 = 99,8 = 1º 40' W

Longitud = 10º 15' W
ΔL = 1º 40' W
Longitud= 11º 55' W

Corrección SITUACIÓN y HORARIO

Hz = 11h 44,6m
ΔH = 6,6m
Hz = 11h 51,2 m

ΔL = 1º 40'
1º 40' /15 = 6,6'

dL = 99,8' = 5m 51,5s DN = 24 x 6m 39s = 2,6 millas

dl = Distancia x cos R = 2,6 x cos 78 = 0,6' N
A = Distancia x sen R = 2,6 x sen 78 = 2,5' W

Latitud = 28º 30,7' N
0,6' N
Latitud = 28º 31,3' N

dL = A/cos lm = 2,5/0,88 = 2,9'

Longitud = 11º 55,0' W
2,9' W
Longitud = 11º 57,9' W

2.6.- CORRECCIÓN TOTAL

2.6.1.- Formas de obtener la Corrección Total

2.6.1.1.- Con relación a la declinación magnética y el desvió del compas

La relación que existe entre la declinación magnética y el desvío del compás es:

Ct = dm + Δ

Por lo tanto conociendo la dm, la cual se puede calcular en función de la carta y el desvío, el cual será el que nos marque la tablilla de desvío en función al rumbo al que navegamos. El valor de la dm será el mismo en función de la zona en que navegamos, mientras que el desvío será en función al rumbo que en ese momento llevemos.

También otra manera habitual de calcular la Ct es través de enfilaciones ya que midiéndola sobre la carta podemos calcular directamente sus Dv.

Ejemplo:

La demora verdadera a una enfilación es de 135º, navegando el buque al Ra = 205º. En el instante del cruce por la enfilación marcamos la misma por la banda de babor 080º. Calcular la Ct.

Da = Ra – M = 205 - 080 = 125º

Ct = Dv – Da = 135 – 125 = 010º

2.6.1.1.- Con relación de azimut náutico y azimut de aguja

a) ***<u>Conociendo el azimut a la polar</u>***: la Polar se encuentra girando continuamente alrededor el Polo Norte. La distancia que la separa es de aproximadamente 2º, por lo que su Azimut en cualquier caso tendrá que ser menor de 2º. Para conocer de manera exacta cuál es su valor tendremos que actuar de la siguiente manera:

- Calculamos el horario del lugar de Aries en Greenwich tal como vimos en el apartado 2.3.1 apartado 2, y calculamos tal como nos indica el problema siguiente la Ct:

Ejemplo:

El 10 de Julio de 1976 en l = 27º 58' N y L = 12º 5' E, al ser Hz = 2h. 10m., Navegando a Ra =320º marcamos la Polar a 047º por estribor. Calcular la Ct.

Se calcula la hora HcG en función de la hora de la observación, para ello se aplica:

HcG = Hcl – Z = 2 h. 10m. – 1 h = 1h. 10m.

Se entra en el día correspondiente del AN, día 10 de Julio 1976, con el número de horas enteras 1h. en $h_{G\Upsilon}$ (fig. 2.6.1 a)) y se le suma los minutos obteniendo así $h_{G\Upsilon}$ (fig. 2.6.1 b))

$h_{G\Upsilon}$ a 1 horas	303º 5,1'	$h_{G\Upsilon}$	305º 35,5'
10'	2º 30,4'	L	12º 5,0' (se suma por ser al Este)
$h_{G\Upsilon}$	305º 35,5'	Hl_{Υ}	317º 40,5'

Entrando en la página 385 del AN (fig.2.6.1 c) del AN con el Hl_{Υ} y la latitud obtendremos el Zv a la Polar que en este caso será:

Zv = + 1,0

(Al ser positivo la Polar se encuentra al Este del Polo)

Za = Ra + M = 320 + 47 = 367 = 007º

Ct = Zv – Za = 001 – 007 = - 006º

24	178 39,2 +
T U	♈ P.º m.º G.: 4ʰ 47ᵐ,0
	h. G. ♈
0ʰ	288° 2,7
1	303 5,1
2	318 7,6
3	333 10,1
4	348 12,5
5	3 15,0

Fig. 2.6.1 a)

10ᵐ

10ᵐ	SOL Planetas	ARIES	LUNA
s	° ′	° ′	° ′
0	2 30,0	2 30,4	2 23,2
1	2 30,3	2 30,7	2 23,4
2	2 30,5	2 30,9	2 23,6

Fig. 2.6.1 b)

385

AZIMUTES DE LA POLAR, 1976

h. L.♈ \ φ	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	φ / h. L.♈
0°	+0,5	+0,5	+0,5	+0,5	+0,5	+0,6	+0,6	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	0°
10	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	10
20	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	20
30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	30
40	−0,1	−0,1	−0,1	−0,1	−0,1	−0,1	−0,1	−0,2	−0,2	−0,2	−0,2	−0,3	40
50	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	50
60	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	60
70	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	70
80	−0,6	−0,6	−0,7	−0,7	−0,7	−0,8	−0,8	−0,9	−1,0	−1,1	−1,2	−1,5	80
90	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	90
100	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	100
110	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	110
120	−0,9	−0,9	−0,9	−0,9	−1,0	−1,0	−1,1	−1,2	−1,3	−1,5	−1,7	−2,0	120
130	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	2,0	130
140	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,9	140
150	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	150
160	−0,7	−0,7	−0,7	−0,7	−0,8	−0,8	−0,9	−0,9	−1,0	−1,2	−1,3	−1,6	160
170	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	170
180	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	180
190	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	190
200	−0,2	−0,2	−0,2	−0,2	−0,2	−0,2	−0,2	−0,3	−0,3	−0,3	−0,4	−0,4	200
210	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,1	−0,1	−0,1	−0,1	−0,1	210
220	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,3	220
230	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	230
240	+0,4	+0,4	+0,4	+0,4	+0,4	+0,5	+0,5	+0,6	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	240
250	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	250
260	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5	260
270	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,7	270
280	+0,8	+0,8	+0,8	+0,9	+0,9	+1,0	+1,0	+1,1	+1,2	+1,4	+1,6	+1,8	280
290	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	290
300	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	2,0	300
310	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	2,0	310
320	+0,8	+0,8	+0,9	+0,9	+0,9	+1,0	+1,0	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,9	320
330	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	330
340	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,2	1,3	1,6	340
350	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	350
360	+0,5	+0,5	+0,5	+0,5	+ 0,5	+0,6	+0,6	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	360

Cuando el signo es +, la Polar está al E del meridiano

Cuando el signo es −, la Polar está al W del meridiano

Fig. 2.6.1 c)

b) *Conociendo el azimut al Sol en el momento del ocaso u orto verdadero*

Para el cálculo de **AZIMUT** en estos casos el problema se simplifica ya que la altura del astro es cero. En primer lugar debemos ***calcular la declinación del Sol en ese momento***, para a continuación aplicar la fórmula (1) si deseamos un cálculo aproximado. Si por el contrario deseamos un cálculo más exacto debemos aplicar el tipeo (2), pero para ello tendremos que calcular el ángulo en el polo (P)

cos Zv = sen d/ cos le (1)

p' = tag d/ sen P (p' + si latitud y declinación son del mismo signo)
p'' = tag le / tag P (p'' + es mayor que 90º)
p = p' + p''

Cotag Z = cos le x p (2)

Ejemplo:

El 14 de julio del 2015, el buque Donald se encuentra en latitud: 35º 15'N y Longitud= 156º 27' E siendo en ese momento la HcG= 08h 49m 24s, en el momento del ocaso del sol tomándole Za (limbo inferior) 295,6º. Calcular la Ct

Calculamos la declinación AN en día 14 de Julio de 2015

Entrando en AN a las 8 tenemos una declinación = + 21º 42,2'
Corrección = 0,3' (-)
Declinación = + 21º 41,9'

8 h. d = 42,2
9 h. d = 41,8
41,8 – 42,2 = -0,4
49/60 = 0,8 (1)
0,8 x - 0,4 = - 0,3

(Fig. 2.6.2)

(1) Conversión de minutos en decimas

Empleando la formula (1) tendríamos:

cos Zv = sen d / cos le = 0,4527 arco coseno 0,4527 = N63W

Ct = Zv – Za = 297 – 295,4 = + 1,4º

Empleando la formula (2). Calculamos el hl

hG = 298º 32,7' a 8h.
12º 21,0' Corrección minutos y segundos
hG = 310º 53,7'

hl = hG + L = 310º 53,7' + 156º 27,0' = 467º 20,7' – 360º = 107º 20,7 (al W por ser menor de 180º)

P = 107º 20,7'

p' = 0,4168 (+)
p'' = 0,2207 (+)
p = 0,6375 (+) azimut al N

cotg Zv = 0,5206 -> tang = 1,9208 arco tag 1,9208 = 62,4º -> **N62,4ºW**

Ct = 297,6º – 295,6º = 002º (+)

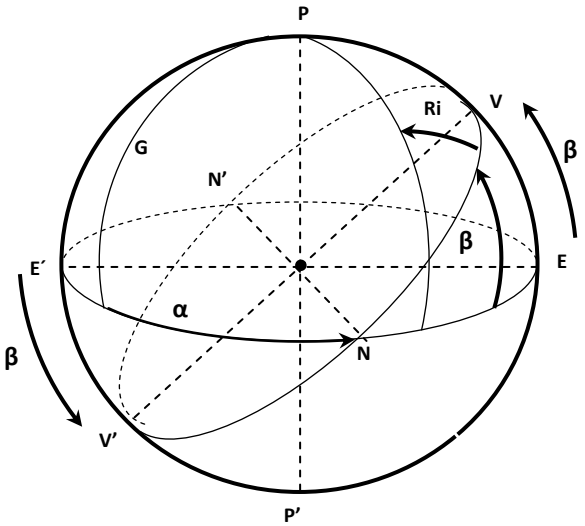
UT	SOL			
	SD: 15,7'			
	PMG: 12h 05,8m			
	hG ◎		Dec	
h	°	'	°	'
0	178	33,3	+21	45,2
1	193	33,2		44,8
2	208	33,2		44,4
3	223	33,1		44,1
4	238	33,0		43,7
5	253	33,0	+21	43,3
6	268	32,9	+21	43,0
7	283	32,8		42,6
8	298	32,7		42,2
9	313	32,7		41,8

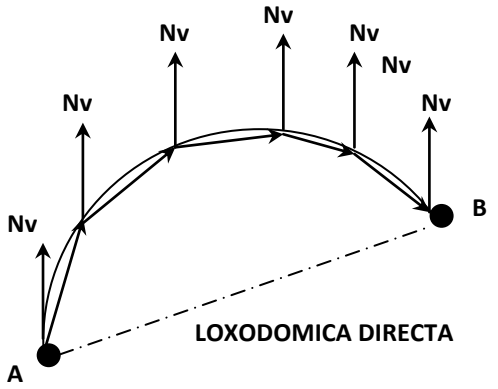
Fig. 2.6.2

2.7.- DERROTA ORTODRÓMICA: CONCEPTO GENERAL

La navegación ortodrómica es aquella que se desarrolla siguiendo el arco del circulo máximo menor de 180º que une los puntos de salida con el de llegada siendo esta la distancia más corta entre ambos puntos. Esta es la razón por la cual también se denomina a este tipo de navegación como ***"navegar por círculo máximo"***

Se utiliza para distancias grandes y en los casos que los rumbos coincidan con el Ecuador o con un Meridiano la diferencia entre las distancias loxodrómica (Rd) y ortodrómica es muy pequeño. La diferencia entre la navegación loxodrómica y la ortodrómica, cuando las distancias son grandes, se denomina ***ganancia o economía***





Al ser un círculo máximo la derrota loxodrómica pude ser definida dentro de la esfera por dos constantes:

- La ***longitud α***, que no es otra cosa que el arco de Ecuador contado desde ***Greenwich*** hasta el punto de corte del circulo máximo con el Ecuador.
- La ***inclinación del circulo máximo en el Ecuador β***

Los puntos de corte con el Ecuador ***N y N'*** reciben el nombre de ***Nodos***, los cuales se diferencian 180º

Los puntos donde la ortodrómica alcanza su mayor latitud ***V y V'*** se denominan ***vértices*** los cuales se encuentran a 90º de sus nodos correspondientes.

El corte de esta derrota ortodrómica con cada meridiano forma un ***ángulo esférico que es el Rumbo***, denominándose en el punto de salida ***Rumbo inicial (Ri)*** y en el de llegada el ***final***. Los únicos círculos máximos cuyos rumbos son constantes son Ri = 90º y 270º y Ri =360º y 180º.

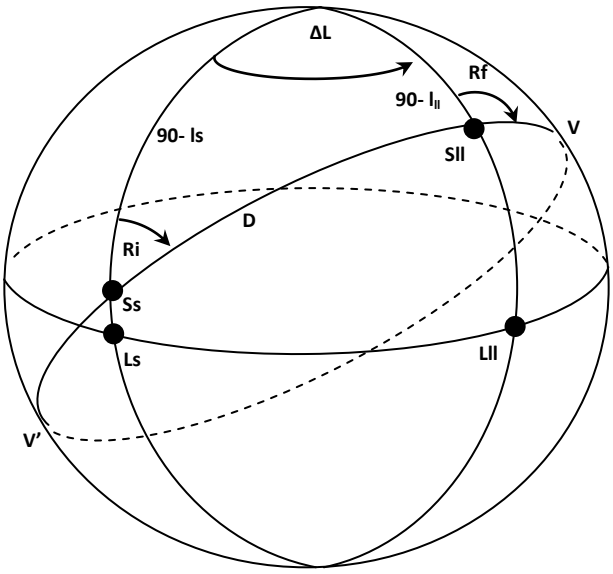
Esto hace que si se quiere llevar exactamente esa derrota el cambio de rumbo sería continuo, cosa que en la práctica es imposible, por lo que se adopta una solución que consiste en calcular el Ri y cambiar este en periodos ***no superiores a 300 millas***, lo que hace que sobre la loxodrómica se genere una línea quebrada.

En las cartas ***mercatorianas*** la derrota ortodrómica queda representada por ***una línea curva*** convexa hacia los polos.

Sin embargo en las cartas ***gnomónicas***, las cuales están indicadas para este tipo de navegación, los círculos máximo quedan ***representados por rectas***. En estas cartas la derrota se traza uniendo los puntos de salida y llegada por una recta situando en ella puntos con las separaciones que deseemos (nunca superiores a 300 millas) para tomar sus coordenadas y llevarlas a la carta mercatoriana correspondiente para unir dichas coordenadas y formar una línea quebrada tangente a la derrota ortodrómica siguiendo una derrota loxodrómica (Rd y Dd) entre los trazos.

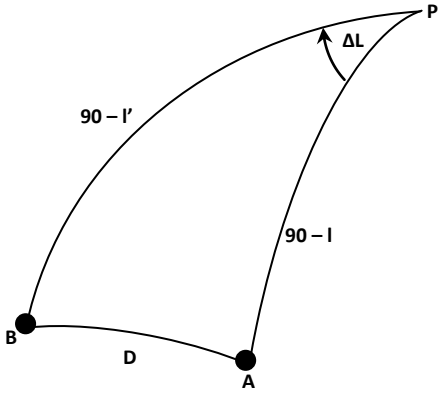
Otra forma de seguir una loxodrómica es la del cálculo del rumbo inicial y seguirlo como loxodrómico durante una distancia no superior a 300 millas para posteriormente volver a realizar los cálculos de rumbo inicial y así sucesivamente.

Existen unas derrotas transoceánicas que se desprenden de las denominadas ***Navegación Meteorológica*** a medio plazo (unos 5 días) que afectan a las áreas de las posibles derrotas. Su objetivo es la de poder seguir la más corta, pero a vez la más segura (carga, pasaje etc...) conociendo su resultado como la ***derrota optima***, que será la más económica pero también a su vez la más segura.



2.7.1.- Cálculo de rumbo inicial y la distancia ortodrómica

A) ***<u>CALCULO DE LA DISTANCIA</u>***: descartando la utilización de las Tablas Náuticas (p.e. las de Fernández la Puente) y ciñéndoos exclusivamente a la calculadora para el cálculo de la distancia ortodrómica, podríamos utilizar cualquiera de las siguientes siendo ***ΔL = L - L', l la latitud de salida y l' la latitud de llegada***



cos D = sen l sen l' + cos l cos l' cos ΔL

cos D = sen l (sen l' + cotan l cos l' cos ΔL

cos D = cos (90- l cos (90± l') + sen (90-l) sen (90± l') cos ΔL

Ejemplo

Situación de salida l = 42º 17' N y L = 10º 15' W y de llegada l = 54º 23' N y L = 69º 53' W. Calcular la distancia ortodrómica entre ambos puntos.

ΔL = 69º 53' – 10º 15' = 59º 38'

cos D = sen 42º 17' x sen 54º 23' + cos 42º 17' x cos 54º 23' x cos 59º 38'

D = arc cos 0,764744 = 40,115777 millas

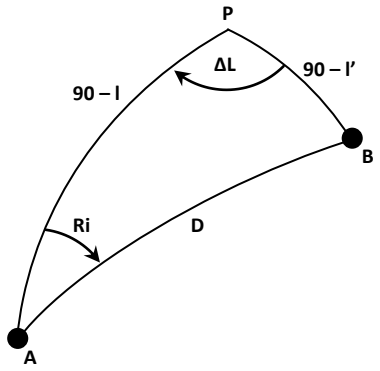
Para los cálculos hay que tener en cuenta cuando las situaciones de salida y de llegada no se correspondan en el mismo hemisferio:

- ***Se tendrá en cuenta que la Norte son positivas (+) y las Sur negativas (-)***
- ***La ΔL sin signo y siempre menor a 180º (1)***
- ***El resultado de la DISTANCIA es en grado por lo que hay que multiplicar por 60***
- ***El rumbo inicial calculado es CUADRANTAL (+ al Norte y - al Sur)***
- ***El triángulo será correspondiente al polo de la situación de salida***

(1) Si la ΔL es igual a 90º la calculadora dará error (tang 90º = infinito, por lo que hay que cargar 89,99999 o 89º 59' 59,9999''

B) ***CALCULO DEL RUMBO ORTODRÓMICO*** **(Ri):** Al igual que la distancia, cuando trabajemos con la calculadoras emplearemos las siguiente fórmula:

$$\text{cotag Ri} = \frac{\cos l\,(\tan l' - \text{tang } l \cos \Delta L)}{\text{sen } \Delta L}$$



Ejemplo

Situación de salida l = 20º N y L = 50º E y de llegada l = 50 S y L = 100º W. Calcular la distancia ortodrómica entre ambos puntos y rumbo inicial

$$\Delta L = 50º - (-100º) = 150º$$

$$\cos D = \text{sen } 20 \times \text{sen } -50º + \cos 20 \times \cos -50º \times \cos 150º$$

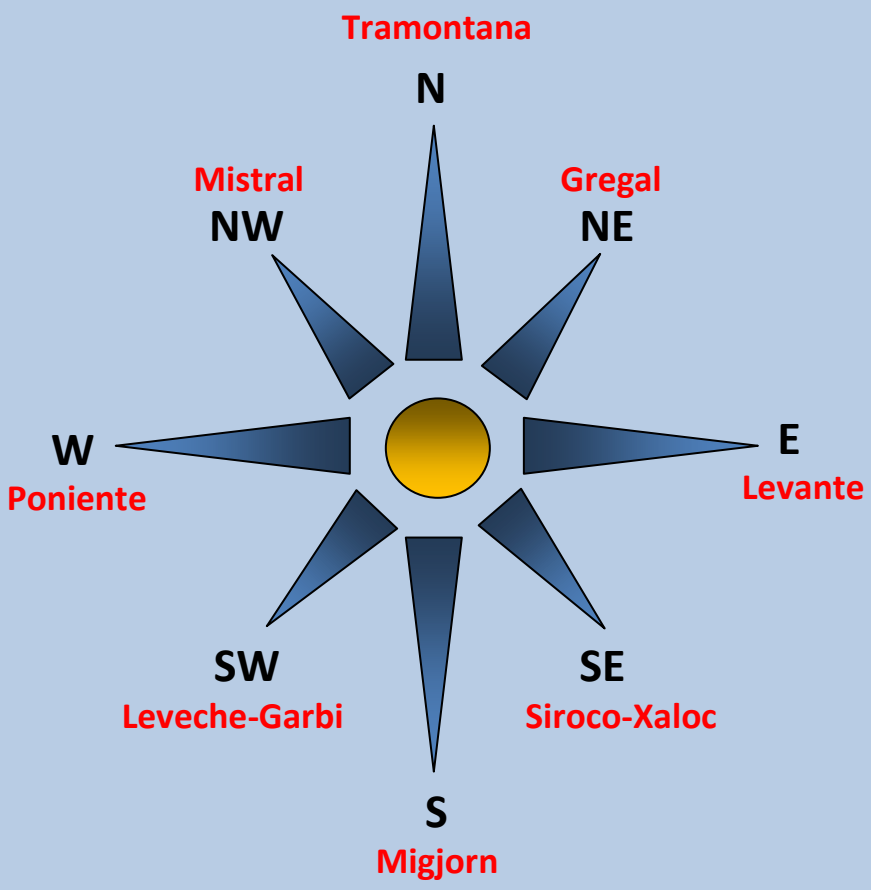
$$\text{arc cos } 0{,}785101696 = 141{,}7300849$$

$$\text{cotag Ri} = \frac{\cos 20(\tan -50 - \text{tang } 20 \cos 150)}{\text{sen } 150}$$

cotag Ri = - 1,647367848 tang Ri = 1/ 1,647367848 = - 0,607028965

arc tang - 0,607028965 = 31,2589635 = 31º 15'

Ri = S31º 15'W = 211º 15'



Ningún viento es favorable para quién no sabe dónde va.

Seneca