

"MEDICIÓN DEL TIEMPO"

Ref.:

- a.- Pub. SHOA N° 3030 "Manual de Navegación".
- b.- Apuntes personales

El propósito de este capítulo es calcular la hora de un lugar determinado, expresada en tiempo sidéreo, verdadero medio o universal coordinado.

La medición del tiempo es fundamental para calcular una recta de altura, a partir de los datos obtenidos del almanaque náutico y de la altura observada.

A.- Día solar verdadero:

Es el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del sol por el mismo meridiano de un lugar, y se inicia en el instante en que el sol está en su culminación del meridiano inferior del observador y termina al llegar nuevamente a ese mismo punto, lapso en el cual su círculo horario se ha desplazado angularmente 360°

La velocidad de traslación de la tierra alrededor del sol no es uniforme (la órbita es elíptica), el día solar verdadero *tampoco tiene una duración constante*, que no afecta al ciudadano común, pero si al navegante

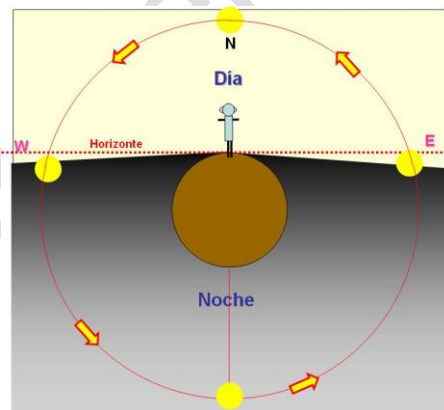


Fig. N° 1

B.- Sol Medio:

Es un sol imaginario, ficticio, nadie lo ha visto, no alumbró, ni calienta y sin embargo proporciona la unidad de medida para los lapsos o transcurros del tiempo. Se le supone recorriendo el Ecuador celeste a una velocidad constante y uniforme igual a la velocidad media del sol verdadero durante un año.

El sol medio demora 24 horas medias entre dos pasos consecutivos.
El día solar medio = 24h 03m 56,5 s del día sidéreo.

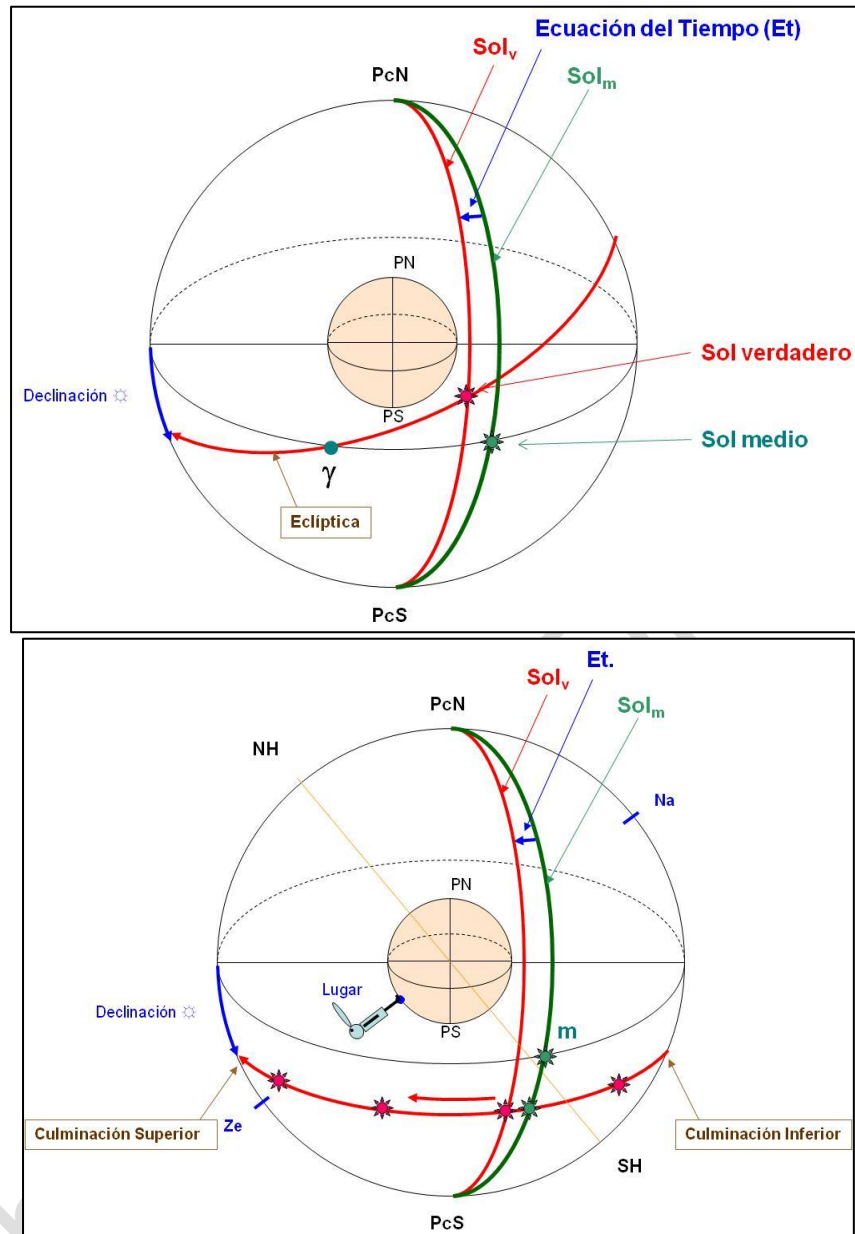


Fig., N° 2 Movimiento anual del sol medio y del sol verdadero. En la figura el sol verdadero va atrasado respecto al medio. Ecuación del tiempo es negativa.

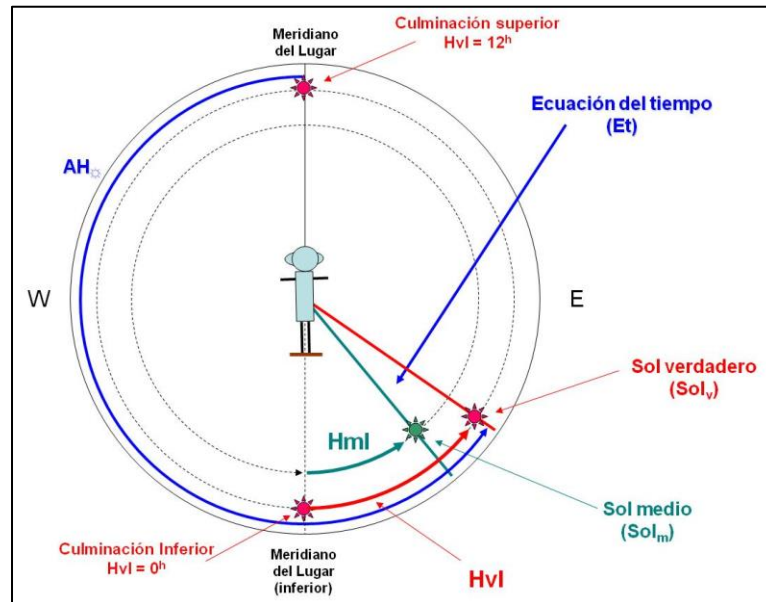


Fig. N° 3 Movimiento diario del sol medio y del sol verdadero.

C.- Ecuación del Tiempo (Et.):

Si el sol medio se mueve con la velocidad media anual del sol verdadero, ambos horarios no coinciden salvo cuatro instantes del año. En ciertas épocas del año el horario del sol verdadero irá + o – adelantado respecto al horario del sol medio y en otros + o – atrasado.

El **ángulo formado por ambos horarios** en un instante cualquiera se llama Et., y se expresa en minutos y segundos, es decir diferencia entre el tiempo solar medio y el tiempo solar verdadero.

- Et (+) el sol verdadero va adelantado al medio
- Et (-) el sol verdadero va atrasado al medio.

Se emplea para obtener la posición del sol verdadero a partir del sol medio. La Et la calculan los astrónomos y se tabula en el Almanaque Náutico en las efemérides astronómicas para las 0h y 12h de todos los días. Para otro instante hay que interpolar. AN. **Et = Hvl – Hml**

Día	SOL				Paso Mer.
	Ec. Tiempo				
	00 ^h		12 ^h		
d	m	s	m	s	h m
27	12	47	12	42	12 13
28	12	36	12	31	12 13
1	12	25	12	20	12 12

Fig. N° 4 "Reproducción de una página del Almanaque Náutico" de la Ecuación del tiempo para un día determinado".

D.- Hora verdadera del Lugar (HvI):

Es el tiempo verdadero transcurrido desde que el sol verdadero pasa por el meridiano inferior del lugar, hasta el instante considerado.

En un lugar determinado, la Hv difiere de la Hml, por la ecuación del Tiempo.

$$HvI = Hml + Et.$$

E.- Hora media del Lugar (Hml):

Es el tiempo transcurrido desde que el sol medio pasó por el meridiano celeste inferior de un lugar, hasta el instante determinado.

$$Hml = AHL + 12$$

Además

$$P(W) = AHL$$

$$P(E) = 360^\circ - AHL$$

F.- Día Sidéreo:

Es el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de una estrella por el mismo meridiano.

Este día es constante en duración ya que equivale al tiempo que emplea la tierra en su rotación (360°) en que medido en nuestros relojes de tiempo medio de 23h 56m 04s. La menor duración del día sidéreo con respecto al sol verdadero se debe, a la inmensa distancia de las estrellas (infinito), comparada con la distancia al sol, estas se ven siempre situadas en la misma dirección.

Pero como la tierra tiene un avance diario debido a su movimiento de traslación, obliga al meridiano a un desplazamiento extra para encontrarlo.

El día sidéreo es el que más se acerca a las condiciones ideales de constancia exigidas para la medición del tiempo.

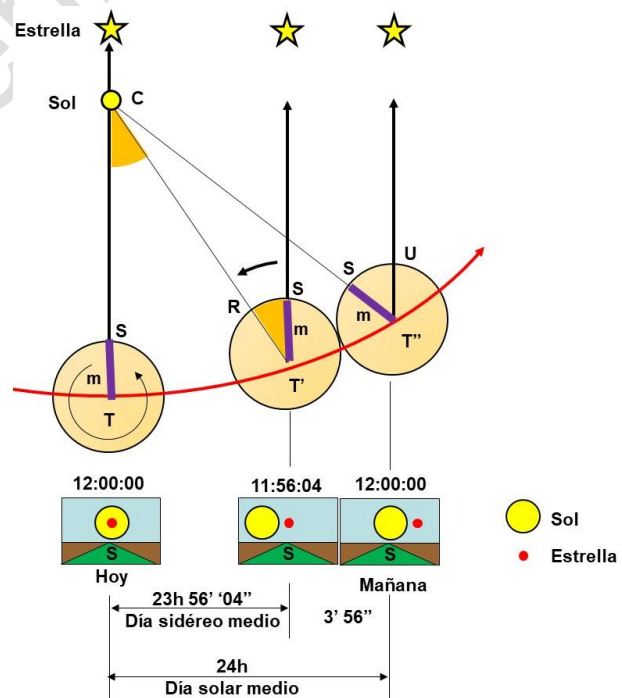


Fig. N° 5 "Día Sidéreo"

En la figura N° 5 la tierra se ubica inicialmente en T en el instante en que el sol y una estrella muy distante coinciden exactamente, es decir la estrella se pueda considerarse una referencia fija.

El meridiano del lugar es **m** y el punto norte es **S**. Un observador que estuviera mirando al Norte verían que el Sol y la estrella están alineados (imagen de la izquierda). A medida que transcurre el tiempo la tierra se traslada de **T** a **T'**, a la vez que rota.

En **T'** la estrella distante cumple su ciclo, mientras que el Sol aún no (en ese instante se visualiza un desfase angular **S T' R**), de modo que la Tierra deberá girar finalmente un ángulo adicional de valor **U T'' S**, lo cual supone unos cuatro minutos más de tiempo, y se dice que el sol se "retrasa" respecto a la estrella (imagen central).

Finalmente, el Sol termina el ciclo en **T''** y se dice que ha transcurrido un día. En ese instante la estrella está al oeste del meridiano del lugar, y se dice que está "adelanta" respecto al Sol (imagen derecha).

El tiempo de **T** a **T'** es un día sidéreo, cuya duración es de 23h 56m 4,092s aproximadamente, mientras que el tiempo de **T** a **T''** es un día solar de 24 horas

G.- Hora Sidérea:

Para su medición se usa como punto de referencia el punto Vernal o Aries.

La Hsl en un instante dado, es igual al AH γ para ese lugar en ese instante, luego la Hsl se puede definir como "el tiempo sidéreo transcurrido desde que el punto Vernal paso por el Meridiano superior del lugar hasta el instante considerado.

Es fácil ubicar el Punto Vernal (γ), con respecto al meridiano del lugar, cuando se da la hora sidérea del lugar. Igualmente para Greenwich el AH γ_{gr} = Hs gr .

En los almanaques náuticos aparece el AH Gr γ para dar la posición del punto Vernal para cada Hm gr .

De igual manera, la posición de las estrellas las da el Almanaque Náutico indicando la Declinación y el Angulo Horario Sidéreo (AHS¹), valores diarios con pequeño variación.

H.- Hora Media de Greenwich (HmGr)

Se emplea para tener una hora común a la cual se pueda referirse o tener un meridiano origen al cual poder referirse los demás. Dicho meridiano corresponde al que pasa por el observatorio astronómico de Greenwich, entonces la Hora Media de Greenwich (HmGr) es el tiempo transcurrido desde que el sol medio pasó por el meridano inferior de Greenwich hasta el instante considerado.

Es importante la Hora Media de Greenwich, porque todos los datos del Almanaque Náutico están relacionados de alguna forma con dicha hora.

Ejemplos:

Determinar Hm gr (tener presente que Hm gr = Hz gr)

¹ AHS = 360° - AR (Ascensión Recta)

Ejercicio N° 1

H_{zl} = 14h 30m 23s, 8 de octubre, Z_h = +4;

H_{zl} = 14h 30m 23s (8 de octubre)

Z_h = +4h

H_{mgr} = 18h 30m 23s (8 de octubre)

Ejercicio N° 2

H_{zl} = 23h 14m 30s, 20 de noviembre, Z_h = +11h

H_{zl} = 23h 14m 30s (20 Nov)

Z_h = + 11h

H_{mgr} = 34h 14m 30s (20 Nov)

H_{mgr} = 10h 14m 30s (21 Nov)

I.- Zonas y husos horarios

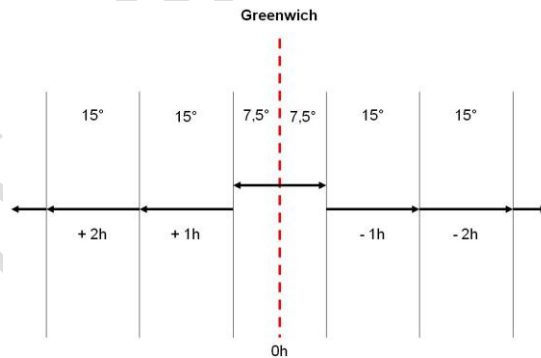
Como la hora media de un lugar depende de la posición del Sol medio con respecto al meridiano inferior del lugar, cada lugar tendría su hora. ¡Imagínense el país!, ¡Cuántos horas tendría!

Pare ello se dividió la tierra en:

23 zonas horarias de 15° = 345°

02 zonas horarias de 7,5° = 15°

Total 360°



$Z_{hl} = \frac{+ / - G_e}{15^\circ}$ (G(W) signo positivo y G(E) signo negativo)

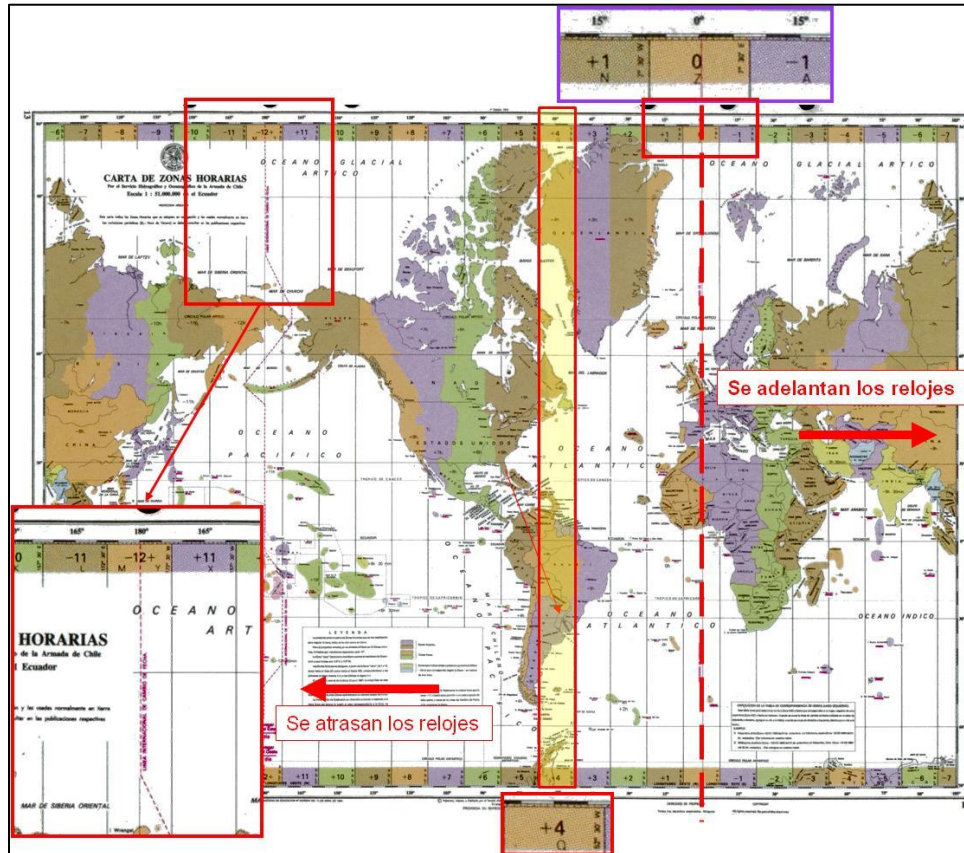


Fig. N° 6 "Carta temática de husos horarios"

Ejercicios:

Determinar la Zh, de los siguientes lugares.

- G = 45° W
- G = 123° 09' E
- G = 178° 23' W
- G = 02° 49' E

HORAS OFICIALES (Corregidas hasta diciembre de 2012)				271
Los datos astronómicos están expresados en hora universal (UT), la que también se conoce como hora media Greenwich (HmGr), y corresponde a la hora estándar del meridiano de Greenwich (longitud 0°). Una hora expresada en UT puede ser convertida a hora media local sumando la longitud E o restando la longitud W, cuando la longitud del lugar está expresada en horas; la razón es de 1 hora por cada 15°. Las diferencias entre la hora estándar y la universal (UT) aparecen en estas tablas; la hora reloj local puede, sin embargo, diferir de estas horas estándares, especialmente en verano cuando los relojes suelen ser adelantados en una hora.				
LISTA I - LUGARES CON HORA ADELANTADA AL UTC (principalmente aquellos al E DE GREENWICH)				
Las horas indicadas } sumadas al UTC para obtener la Hora Oficial deben ser } restadas a la Hora Oficial para obtener el UTC				
	h	m		h m
Afganistán	04	30	Croacia*	01
Albania*	01		Checa, República*†	01
Alemania*†	01		Dinamarca*†	01
Amirante, Islas	04		Egipto, República Árabe de	02
Andaman, Islas	05	30	Emiratos Árabes Unidos	04
Arabia Saudí			Eritrea	03

Fig. N° 7 "Reproducción del Almanaque náutico. Aparecen los husos horarios de los lugares más importantes del mundo".

J.- Hora Zona del Lugar (Hzl)

Es la hora media del meridiano central del huso al cual pertenece o se defina.

Ejemplo:

Determinar Hzl, para el 3 Octubre si la Hmgr = 12h 23m 54s, Zh = - 12 h

Hmgr = 12h 23m 54s (3 Octubre)
 Zh = + 12 h (cambia de signo)
 Hzl = 24 h 23m 54s (3 Octubre)
 Hzl = 00 h 23m 54s (4 Octubre)

K.- Zona del Lugar (Zh):

Es el huso al cual pertenece el lugar y que distingue, por un número que lleva antepuesto un signo.

El signo (-) el lugar se encuentra al Este de Greenwich.

El signo (+) el lugar se encuentra al Weste de Greenwich.

$$HzGr = Hzl + Zh$$

$$Hmgr = Hzl + Zh \text{ (ya que Hmgr = HzGr, el meridano de Greenwich = } 0^{\circ}\text{)}$$

Todo lugar que se encuentra más al Este tiene más horas porque el sol pasa primero por él. Navegando hacia el Este o mejor dicho contando longitudes hacia el Este, hay que adelantar los relojes una hora cada vez que se cruce los meridianos o las zonas horarias o cuando el navegante los estime conveniente.

Las zonas horarias de Chile son:

- **Para Chile Continental**, excepto Región de Magallanes y la Antártica Chilena.
 $Zh = +3$ en invierno $Zh = +4$
- **La Región de Magallanes y la Antártica Chilena:**
 $Zh = +3$. (Permanente).
- **Para Chile Insular Occidental Isla de Pascua e Isla Salas y Gómez.**
 $Zh = +5$ en invierno $Zh = +6$

Si navegamos con rumbo Weste y cruzamos el meridiano 180° o "Línea internacional de cambio de Fecha" (LICF) se suma un día y al con rumbo Este se resta un día

Demostración

El 5 de mayo a las 24 horas de Greenwich navegando al W, un buque cruza el meridiano 180° . En este caso el buque paso de $Zh = +12$ a $Zh = -12$

$$Hzi = Hmgr - Zh$$

- Antes cruce meridiano 180° :

Hmgr	=	24h 00m	(5 May)
Zh	= -	12h 00	(Zh + 12h)
Hzi	=	12h 00m	(5 May) antes de cruzar.
- Después de cruzar meridiano 180° :

Hmgr	=	24h 00m	(5 May)
Zh	= +	12h 00	(Zh + 12h)
Hzi	=	12h 00m	(6 May) después de cruzar.
- **Luego al navegar al W se suma un día a la fecha cuando se cruza el meridiano 180°**

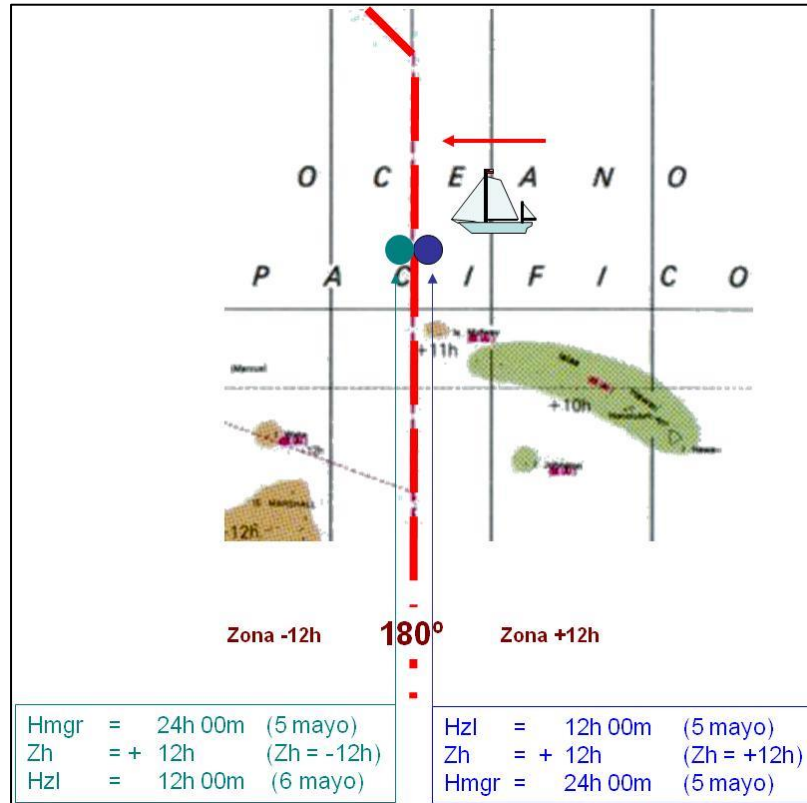


Fig. N° 8

Ejemplo:

El 20 de noviembre a las Hzi = 15:00 su buque navega con rumbo Weste muy cerca de la LICF o meridano 180°. En este caso el buque pasa de Zh = +12h a Zh = -12h

Calcular la Hzi después de pasar la línea de cambio de fecha

Hzi = 15h 00m (20 Nov)	Hmgr = 03h 00m (21 Nov)
Zh = - 12h (cambia signo)	Zh = +12h (signo se mantiene)
Hmgr = 27h 00m (20 Nov)	Hzi = 15h 00m (21 Nov)
Hmgr = 03h 00m (21 Nov)	

$$Hzi = Hmgr - Zh$$

L.- Diagrama de la Hora

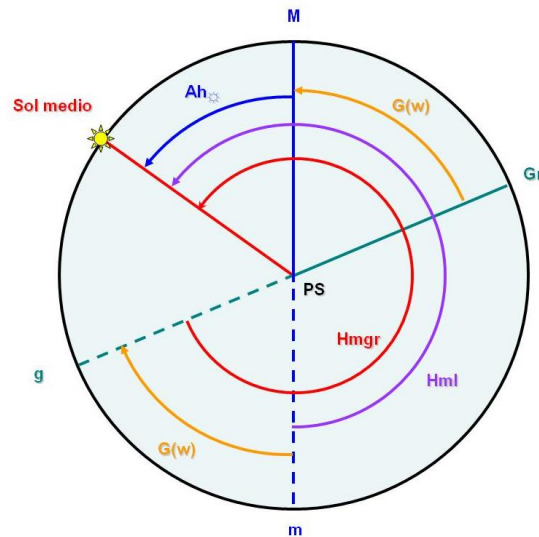


Fig N° 9 "Angulo horario y Hora media"

En la figura 9 sean trazado los ángulos horarios desde el meridiano superior y las hora media desde el meridiano inferior.

M.- Resumen

- El sol nace por el Este y se pone por el Weste, cruzando todos los meridianos en sucesión con su movimiento.
- En dos lugares situados en dos longitudes diferentes el sol cruza el meridiano mas al Este antes que el de mas al Weste.
- La hora mas al Este está mas adelantado que el del mas al Weste.
- La Hora Media del Lugar Hml se define como la longitud del buque.
- La hora zona (Hz) se define como la longitud del meridiano central de la zona en que se navega.
- Si un buque navega exactamente en el meridiano central de una zona Hml = Hz.

Ejemplo N° 1:

El 17 de agosto en un lugar GA = 124° 17' E, son las Hml = 04h 20m 00s
¿Qué hora media es en un lugar de GB = 160° 55,5' W?.

Lugar "A": GA = 124° 17' E (signo negativo) ; Hml = 04h 20m 00s

Lugar "B": GA = 160° 55.5' W (signo positivo); Hml = ???

$$GA = \frac{124^\circ 17'}{15^\circ} = 08h 17m 08s$$

$$GB = \frac{160^\circ 55.5'}{15^\circ} = 10h 43m 42s$$

Hml(A) = 04h 20m 00s (17 de agosto)
GA (Este) = - 08h 17m 08s (Se resta por ser la longitud Este)
Hmgr = 20h 02m 52s (16 de agosto)
GB (Weste) = - 10h 43m 42s (Se cambia el signo, de la longitud Weste)
Hml(B) = 09h 19m 10s (16 de agosto)

Ejemplo N° 2

En un lugar A cuyo GA = 138° 53' W, son las Hml = 21h 17m 14s del 14 sep.
¿Qué hora media será en un lugar B con GB = 11° 47' E?

Lugar "A": GA = 138° 53' W (signo positivo) ; Hml = 21h 17m 14s del 14 sep.

Lugar "B": GA = 11° 47' E (signo negativo); Hml = ???

GA = $\frac{138^\circ 53'}{15^\circ}$ = 09h 15m 32s

GB = $\frac{11^\circ 47'}{15^\circ}$ = 00h 47m 08s

Hml(A) = 21h 17m 14s (14 septiembre.)
GA (Weste) = + 09h 15m 32s (Se suma por ser longitud Weste)
Hmgr = 30h 32m 46s (14 de Septiembre)
GB (Este) = + 00h 47m 08s (Se cambia el signo, de la longitud Este)
Hml(B) = 31h 19m 54s (14 de agosto)
-24h = - 24h
Hml(B) = 07h 19m 54s (15 de agosto)

Ejemplo N° 3:

Un buque fondeado en San Diego (Zh = +8), se le ordena dirigirse a Yokohama, (Zh = -9), debiendo recalar a medio día del 20 de octubre. El SOA es de 15 nudos, considerando un resguardo de 6 horas. Distancia 4.245 MN.

¿Qué fecha y hora debe zarpar de San Diego?

Duración de la navegación:

T = D / V

T = 4.245 millas / 15 nudos = 238 h

T = 283 h + 6 h

T = 12d 02h 30m

Hzi (Yokohama)	=	20 octubre	12h 00m	
Zh (Yokohama)	= -		09h	
Hmgr (Greenwich)	=	20 octubre	03h 00m	
Duración navegación	= -	12d	02h 30m	
Hmgr (Greenwich)	=	07 octubre	24h 30m	
Zh (San Diego)	= -		08h	(Cambio de signo)
Hzi (San Diego)	=	07 octubre	16h 30m	
ETD (San Diego)	=	07 octubre	16h 30m	

Ejemplo N° 4:

El 5 de junio a las Hzl = 02h 00m, se navega en dirección Este y la longitud es GA = 178° 45' E. Nueve horas más tarde está en GB = 179° 10' W.

¿Cuál es la Hzl y fecha?

El buque navega dirección Weste, cruzando la línea de cambio de fecha
En este caso se atrasa un día

Hzl	=	5 de junio	02h 00m
Duración navegación	= +		09h
Hzl	=	5 de junio	11h 00m
(Menos un día	= -	1d	
Hzl	=	4 de junio	11h 00m

Ejemplo 5:

El 11 de septiembre a la Hz = 05h00min, la nave se encuentra en L = 33° 00' S y G = 105° 32' W. En 15 horas más tarde se encuentra en L = 33° 25' S y G = 91° 51' W.

¿Cuál es la Hz y fecha del instante?

H _z	=	05h 00m	(11 sep.)
Z _h	= +	07h	
H _{mGr}	=	12h 00m	(11 sep.)
Intervalo	=	15h	
H _{mGr}	=	03h 00m	(12 sep.)
Nueva Z _h	= +	6h	(-) cambio signo
H_z	=	21h 00min	(11 sep.)

N.- Cronómetro, Estado Absoluto y Hmgr.

1.- Cronómetro (Hcr):

Son relojes muy precisos que llevan los buques para obtener en cualquier momento la Hora Media de Greenwich (Hmgr) con la mayor exactitud posible para ser utilizada en los diversos cálculos astronómicos.

Estos relojes están graduados de 0h a 12h.

Se ajusta lo más exacto posible la Hmgr obtenida por el GPS o por señal de radio.

Una vez ajustado no deben de moverse. Deben de dejarlos en un lugar protegido y fuera de las manos y ojos de los curiosos. El lugar debe estar lejos de magnetismo y cambios bruscos de temperatura.

2.- Estado Absoluto (Ea):

Es la diferencia en un momento dado entre la Hmgr y la Hcr.

$$Ea = Hmgr - Hcr$$

Como los cronómetros están graduados de 0h a 12h y el día tiene 24h, el Ea es siempre positivo y siempre menor de 12h.

$$Hmgr = Hcr + Ea.$$

Para definir la ambigüedad 0h o 12h, se deberá conocer la Hzl y Zh, lo cual dará la Hmgr app

$$Hmgr = Hzl + Zh \quad (Hzl \text{ de } 0h \text{ a } 24h)$$

Ejemplo N° 1:

Siendo la Hmgr = 11h 58m 12s, el cronometro marca 08h 45m 22s.

Encontrar el Ea.

$$\begin{aligned} Hmgr &= 11h \ 58m \ 12s \\ Hcr &= 08h \ 45m \ 22s. \\ Ea &= 03h \ 12m \ 50s \end{aligned}$$

Ejemplo N° 2

Siendo 21 de may Hzl = 07h 04m; Zh = 5h; Hcr = 05h 20m 00s; Ea = 08h 44m 40s

Calcular Hmgr

$$\begin{aligned} Hcr &= 05h \ 20m \ 00s & Hzl &= 07h \ 04m \ (21 \text{ de mayo}) \\ Ea &= 08h \ 44m \ 40s & Zh &= - \ 5h \\ Hmgr &= 14h \ 04m \ 40s & Hmgr_{app} &= 02h \ 04m. \ (21 \text{ de mayo}) \\ \mathbf{Hmgr} &= \mathbf{02h \ 04m \ 40s \ (21 \text{ de mayo})} \end{aligned}$$