

## “COORDENADAS GEOGRÁFICAS”

Ref.: Capítulo 1 “Introducción”, Pub. SHOA 3030 “Manual de Navegación”

### I.- CONCEPTOS PRELIMINARES

#### A.- **NAVEGACIÓN:**

Es la ciencia que enseña a determinar la posición de la nave en cualquier momento y a conducirla con seguridad de un punto a otro. Los problemas de navegación comprenden; situación, dirección y distancia en el mar y en el aire.

La navegación no es una ciencia exacta, porque, para facilitar la solución, se han adoptado métodos que en algunos casos no son exactos, los que con ciertas limitaciones no producen un error material.

#### B.- **CLASIFICACIÓN DE LA NAVEGACIÓN:**

<b>Tipos de navegación</b>	<b>Metodología para obtener posición</b>
Navegación Costera	Mediante la observación de puntos notables de costa, como faros, muelles, puntas, accidentes geográficos, etc., mientras se navegue en cercanías de costa.
Navegación por Estima	A partir de un punto de situación conocido, y los rumbos y distancias navegadas.
Navegación Electrónica	Mediante equipos electrónicos tales como el radar y el G.P.S. (Sistema Global de Posición).
Navegación Astronómica	Mediante la observación de cuerpos celestes, tales como el sol, luna, planetas y estrellas.

### II.- TIERRA ESFÉRICA Y PLANA

#### A.- **FORMA DE LA TIERRA**

Tiene la forma de un esferoide, es decir, elipsoide de revolución sobre su eje menor. Su diámetro ecuatorial es de aproximadamente 6.884 millas y el polar 6.860.5 millas. Es decir es muy cercana a una esfera. "La mayor parte de los problemas de navegación la consideran como una esfera perfecta, la que no envuelve un error material sensible."

#### B.- **ROTACIÓN DE LA TIERRA**

Es el movimiento que efectúa la Tierra sobre si misma, alrededor del eje que pasa por los Polos geográficos. El tiempo que tarda la Tierra en dar una revolución (vuelta) completa es de 24 horas. La dirección de este movimiento es la del sentido contrario a las agujas del reloj. A lo largo de todo el año astronómico, el eje de rotación terrestre se mantiene apuntando hacia una región concreta de la esfera celeste, caracterizada por la cercanía de la estrella Polar.

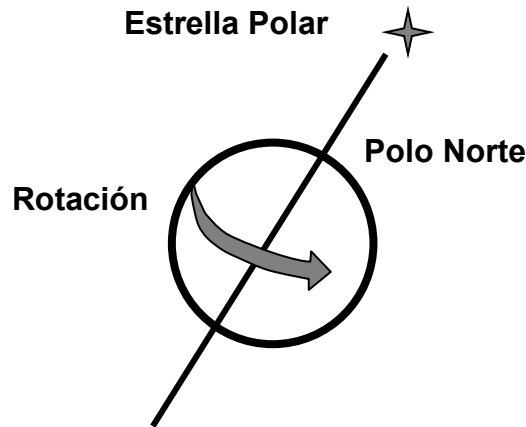


Fig. N° 1 (“Rotación de la Tierra”)

Los puntos donde este eje corta a la superficie de la tierra se le llaman polo norte y polo sur. La tierra rota en dirección **WESTE** a **ESTE**, es decir, hacia el Este.

Esto significa que un buque que se encuentra en Isla de Pascua con respecto a otro que se encuentra en Buenos Aires, el segundo vio salir el sol antes que el primero. Otro ejemplo, El año nuevo se produce primero en Buenos Aires que en Isla de Pascua.

Es decir, el observador se coloca en el Polo Norte, la tierra gira contra los punteros del reloj (Fig. N° 2 a), y en el Polo Sur en el mismo sentido (Fig. N° 2 b).

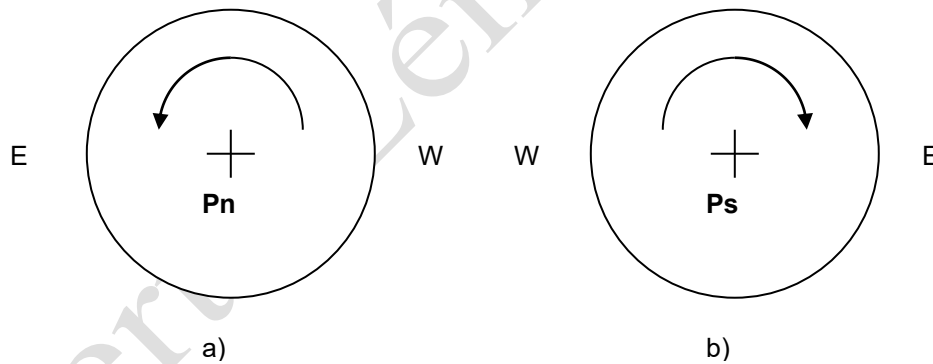


Fig. N° 2 (“Rotación de la Tierra, visto desde los polos”)

**C.- MOVIMIENTO DE TRASLACIÓN.**

Es el movimiento que efectúa la Tierra alrededor del Sol. El tiempo que tarda es de 365 días, 6 horas y 9 minutos

D.- **LA ECLÍPTICA.**

Es la elipse que traza la Tierra en su movimiento de traslación alrededor del Sol. Como el eje terrestre tiene una inclinación de  $23^{\circ}27'$  respecto a un Norte geográfico ideal, el plano de la eclíptica no es el mismo que el del Ecuador terrestre sino que forman entre ambos un ángulo fijo de  $23^{\circ}27'$ . Esta diferencia angular es la que provoca que los rayos solares lleguen con distinta inclinación a las diferentes zonas de nuestro planeta. El movimiento de traslación y la inclinación del eje terrestre producen variaciones periódicas en la cantidad de luz solar que recibe cada hemisferio. Esto explica la sucesión de las cuatro estaciones del año.

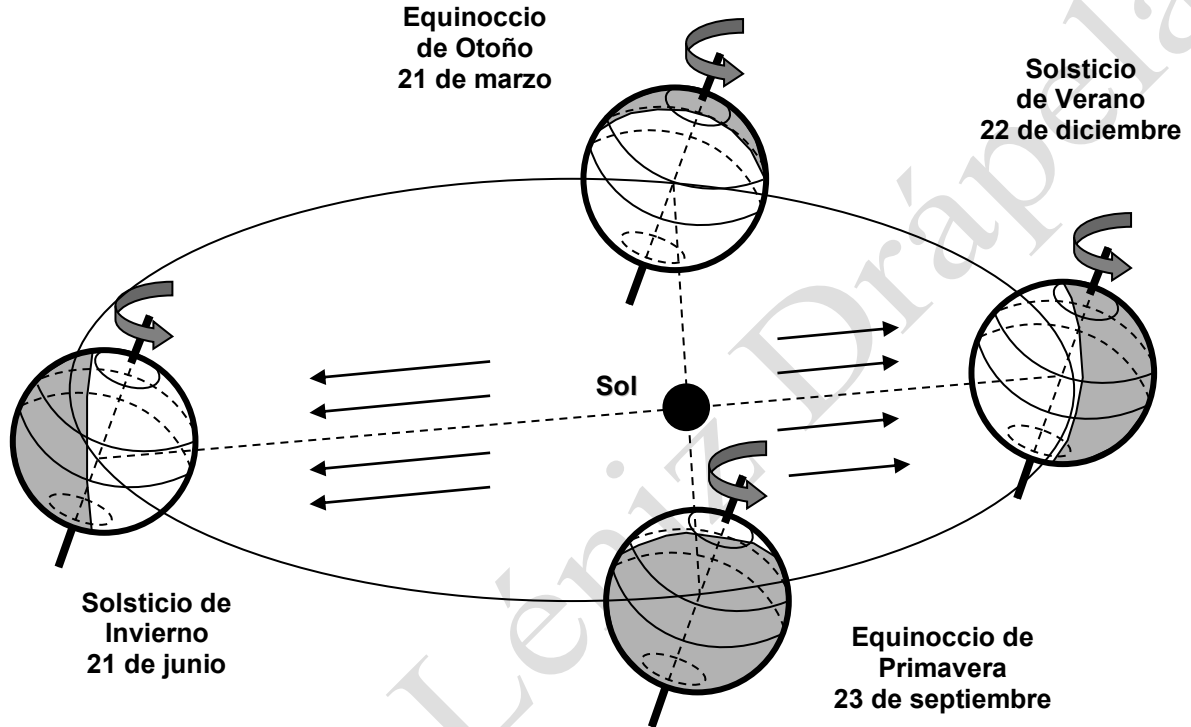


Fig. N° 3 (“Movimiento de Traslación de la tierra y su Eclíptica”)

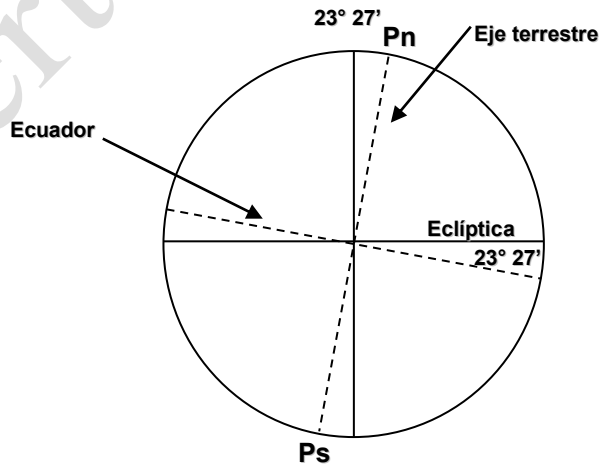


Fig. N° 4 (“La Eclíptica de la Tierra”)

## E.- COORDENADAS GEOGRÁFICAS

### 1.- EJE TERRESTRE

Es una línea ideal que atraviesa la Tierra pasando por su centro. De los infinitos ejes que tiene la Tierra, el más importante es aquel cuya prolongación pasa por un punto fijo del universo, llamado Estrella Polar. Se ha elegido este eje por tener la propiedad de que sobre él la Tierra efectúa un giro completo en 24 horas.

### 2.- POLOS TERRESTRES: (Norte y Sur)

Son los extremos del diámetro terrestre por donde pasa el eje de rotación de la tierra.

### 3.- PUNTOS CARDINALES

Se le llama así, al sentido hacia donde gira la Tierra o también hacia donde salen y se esconden los astros. El primero se llama **Este** y el contrario se le denomina **Oeste o Weste**. Lo anterior si el observador **mira al Norte**.

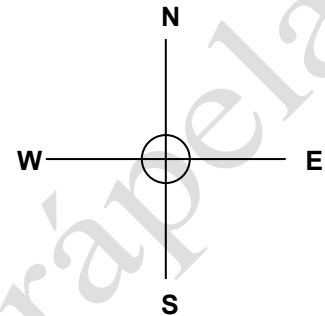


Fig. N° 5 (“Puntos cardinales”)

### 4.- CIRCULO MÁXIMO

Es la circunferencia que resulta en la superficie de una esfera de la intersección de un plano que pasa por su centro, dividiéndola en dos partes iguales o dos semi esferas iguales. La circunferencia que se forma en la superficie de la tierra, así dividida, se denomina **MÁXIMA** y en **NAVEGACIÓN** es importante porque es el camino mas corto entre dos lugares. Es también el camino que sigue la onda de radio.

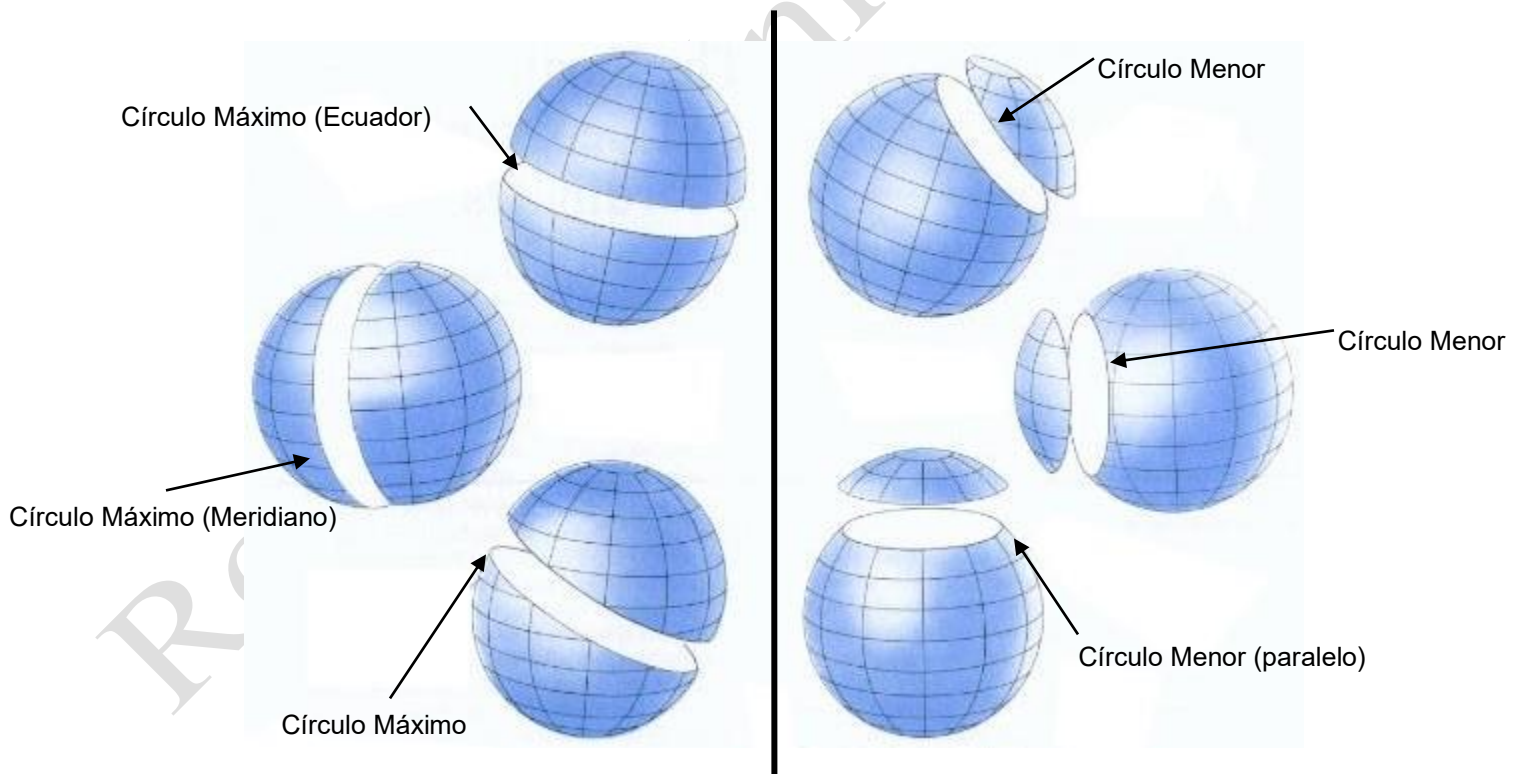


Fig. N° 6 “Círculos Máximos y Círculos Menores”)

5.- CIRCULO MENOR

Cuando la esfera se divide en dos partes, mediante un plano que no pasa por el centro, se obtiene como resultado dos figuras desiguales y la circunferencia que se forma en la superficie de ella se denomina **CÍRCULO MENOR**.

6.- LUGAR

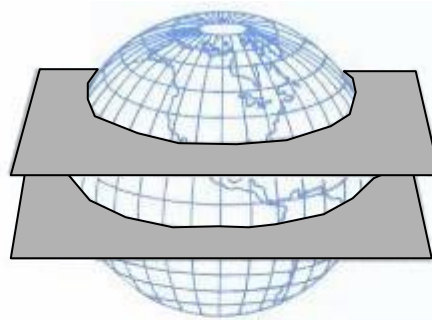
Es un punto determinado de la superficie de la tierra. Ejemplo: La Escuela Naval.

7.- PARALELO

Son las intersecciones en la superficie de la Tierra de los planos perpendiculares al eje y en consecuencia paralelo al Ecuador, llamado Paralelo del Lugar aquel que pasa por éste.

**Paralelos de Latitud**

Planos  
perpendiculares  
al eje de la tierra



**Ecuador terrestre**

Plano perpendicular  
al eje de la tierra y  
equidistante de los  
polos

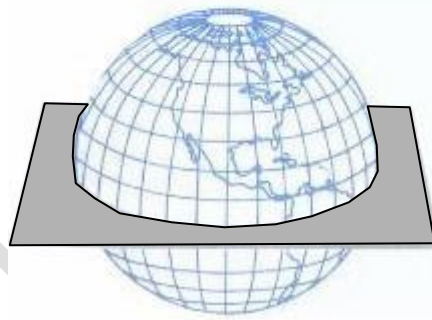


Fig. N° 7 (“Paralelos de latitud”)

8.- ECUADOR TERRESTRE

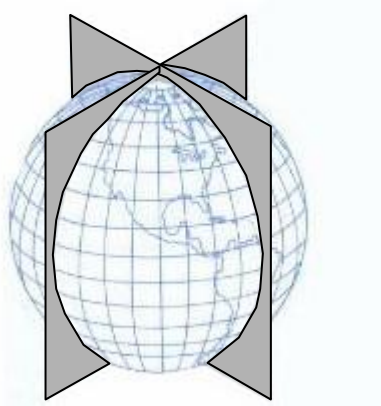
Es el círculo máximo que divide a la tierra en dos hemisferios, **NORTE** y **SUR**, y es la referencia para las latitudes.

9.- MERIDIANO TERRESTRE

Son círculos máximos que pasan por los polos y atraviesan el Ecuador perpendicularmente, llamando Meridiano del Lugar aquel que pasa por éste.

10.- MERIDIANO DE GREENWICH

Meridiano que pasa por dicho lugar, que constituye el otro plano de referencia de las coordenadas terrestre. Es la referencia donde se miden las longitudes. Divide en dos hemisferios. El hemisferio de longitudes ESTE a la derecha y al WESTE a la izquierda.



**Meridianos de Longitud**  
Están formados por planos que contienen el eje de la tierra.

11.-

**DISTANCIA ANGULAR**

Las líneas verticales que pasan por dos lugares, convergen hasta cortarse en el centro de la tierra con un ángulo. Si los dos lugares están cerca, el ángulo entre las verticales, es pequeño. Pero si están lejos entre si, el ángulo de las verticales es también grande. A la magnitud de ese ángulo, medido en grados se le llama **DISTANCIA ANGULAR ENTRE DOS LUGARES.**

Fig. N° 8 (“Meridianos de Longitud”)

12.- **EL PLANO DEL ECUADOR**

Para comprender mejor los planos entre meridianos, es conveniente imaginar un observador en el **POLO SUR**. De esta forma, se dibuja un círculo alrededor del observador. Luego se traza una línea recta hacia arriba que representa el **MERIDIANO de un lugar**. Si ese lugar, tiene longitud ESTE, el **MERIDIANO de Greenwich**, se dibuja tantos grados a la izquierda, como sea la Longitud. Si el Lugar tiene Longitud WESTE, el **MERIDIANO de Greenwich** debe quedar en el mismo sentido que giran los punteros del reloj, tantos grados como sea la Longitud.

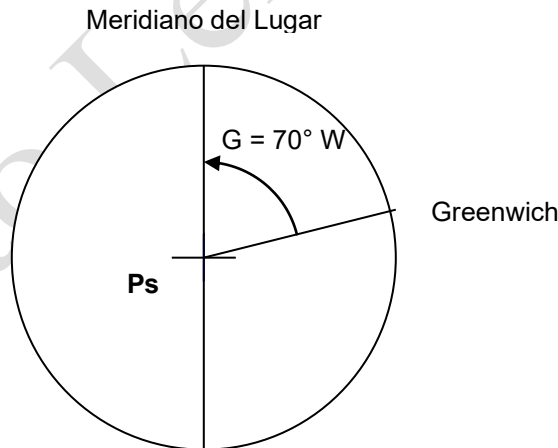


Fig. N° 9 (“Plano del Ecuador”)

### D.- COORDENADAS TERRESTRES

Para determinar la ubicación o posición de un lugar en la tierra se ha elegido el plano del ECUADOR y el del MERIDIANO DE GREENWICH. El arco en grados a ellos se denominan **LATITUD** y **LONGITUD**.

#### 1.- LATITUD (L)

Es el arco en grados medido sobre el meridiano del lugar desde el ecuador terrestre hasta el lugar. Sus signos son "N" o "S" según hacia el Polo terrestre en que se dirige la medición. Sus valores fluctúan entre 0° y 90°. Para calculadoras se debe considerar Latitud Sur con signo (-) y Latitud Norte con signo (+).

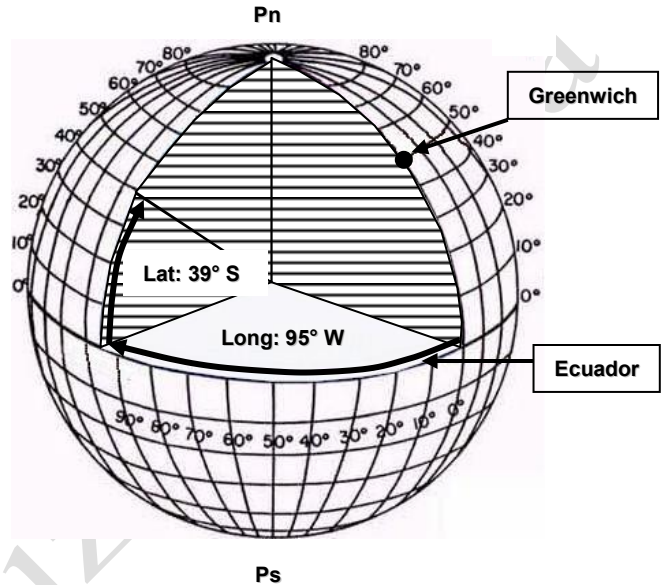
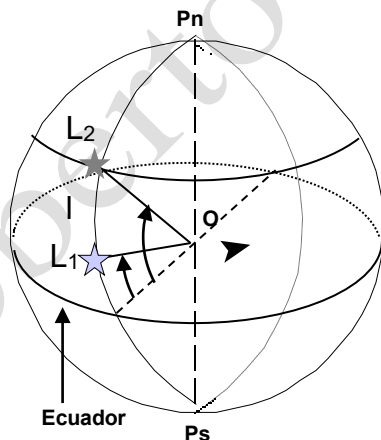


Fig. N° 10 (“Representación gráfica de latitudes y longitudes.”)

#### 2.- DIFERENCIA DE LATITUD (I)

Es el arco en grados medido sobre cualquier meridiano desde el paralelo de la latitud del lugar hasta el paralelo de otro lugar. Sus signos son "N" o "S" según hacia el Polo terrestre en que se dirige la medición. Sus valores fluctúan entre 0° y 180°.



Cálculo de diferencia de latitud (I)

- a.- Igual signo se restan / diferente signo se suman.
- b.- El signo de "I" indicará el sentido de movimiento.
- c.- Transforme resultado a minutos (60 x I°)

$$I = L_2 - L_1$$

Fig. N° 11 (“Diferencia de Latitud”)

**Ej. N° 1 Calcular** la diferencia de latitud (I) entre L1= 12° 45' S y L2= 10° 20'S

$$I = L2 - L1 = (-10° 20') - (-12° 45') = + 2° 25' = 145' N.$$

**Respuesta: I = 145'N**

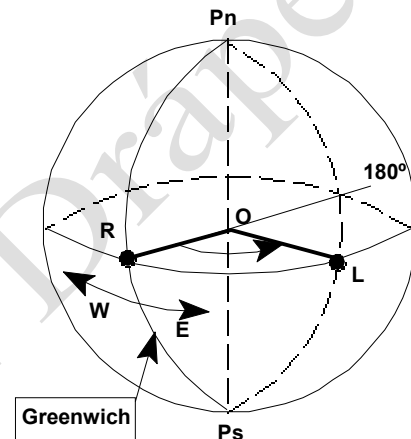
**Ej. N° 2 Calcular** la diferencia de latitud (I) entre L1= 08° 05' S y L2= 05° 22'N

$$I = L2 - L1 = (+ 05° 22') - (-08° 05') = + 13° 27' = 807' N.$$

**Respuesta: I = 807'N**

3.- LONGITUD (G)

Es el arco en grados u horas medido sobre el plano del Ecuador desde el Meridiano de Greenwich hasta el Meridiano del Lugar. Sus signos son "E" o "W" según la dirección de la medición. Sus valores fluctúan entre 0° y 180°. Para calculadoras se debe considerar Longitud Weste con signo (-) y Longitud Este con signo (+).



Longitud = Ángulo ROL

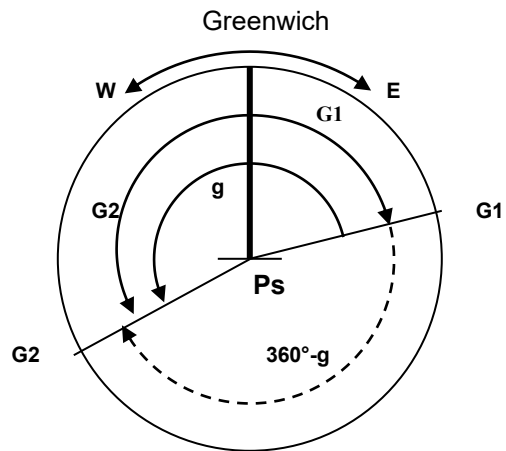
Fig. N° 12 ("Longitud")

4.- DIFERENCIA DE LONGITUD (g)

Es la diferencia en grados u horas medidas sobre el Ecuador desde el Meridiano de un Lugar hasta el Meridiano de otro lugar, por el camino más corto. Sus signos son "E" o "W" según cual sea la dirección de la medida. Sus valores fluctúan entre 0° y 180° o 0h y 12 horas.

Cálculo de Diferencia de Longitud (g)

- Igual signo se restan / diferente signo se suman.
- El signo de "g" indicara la dirección del movimiento.
- Si "g" es mayor de 180° reste 360° y cambie el signo.
- Transforme resultado a minutos (60 x g°).



$$g = G_2 - G_1$$

Fig. N° 13 ("Diferencia de Longitud.")

**Ej. N° 3** Calcular la diferencia de longitud (g) entre G1= 112° 25' W y G2= 110° 10' W.

$$g = G2 - G1 = (- 110° 10') - (-112° 25') = + 2° 15' = 135' E.$$

**Respuesta: g = 135' E**

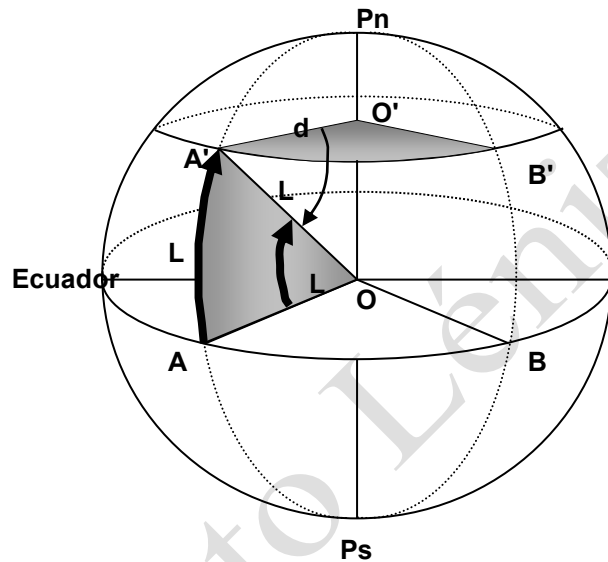
**Ej. N° 4** Calcular la diferencia de longitud (g) entre G1= 178° 55' W y G2= 167° 02' E.

$$g = G2 - G1 = (+ 167° 02') - (-178° 55') = + 345° 57' = 360° - 345° 57' = +14° 03' = 843' W$$

**Respuesta: g = 843' W**

5.- APARTAMIENTO (AP.):

Es la distancia entre meridianos a lo largo de un paralelo de Latitud.



**Demostración**

En la figura, el  $\angle AOB$ , es igual al  $\angle A'O'B'$ .

**Por lo tanto**

El arco AB, el radio AO, como el arco A'B', es al radio A'O'.

**Pero;**

AO, es igual a A'O' e igual al Radio de la Tierra.

A'O', es la distancia al eje desde A, paralela a AO, e igual a Radio Terrestre multiplicado por el coseno de la latitud.

Fig. N° 14 (“Representación gráfica del Apartamiento.”)

Luego:

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{g}{Ap} = \frac{AO}{A'O'} = \frac{R}{R \times \text{Cos}(L)} = \frac{1}{\text{Cos}(L)}$$

**Pero:**

A'B', es la distancia entre los Meridianos de la figura, medida a lo largo del Paralelo de Latitud "L" y; AB, es la distancia entre los mismos Meridianos medidos en el Ecuador; y en el Ecuador, **la distancia entre Meridianos es igual a una milla Náutica** por cada minuto de diferencia de Longitud.

**O sea:**

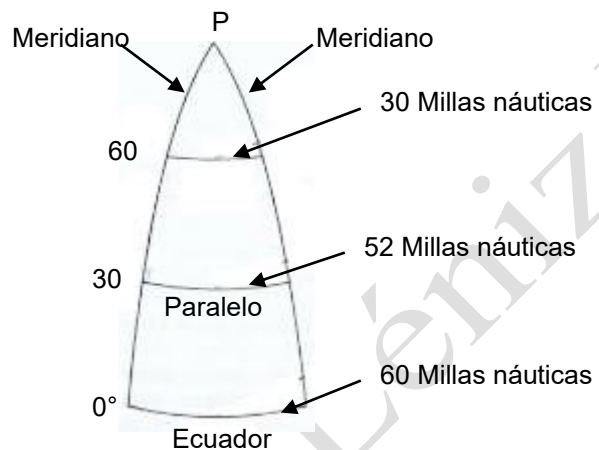
"La distancia entre Meridianos medida a lo largo de un Paralelo de Latitud, es igual a la diferencia de Longitud entre esos Meridianos, expresada en minutos de arco, multiplicada por el coseno de la Latitud (Milla náutica)

$$\text{Dist} = g \times \text{Cos} (L)$$

Por lo tanto

$$\text{Ap} = g \times \text{Cos} (L)$$

**Ej. N° 5** ¿Cuál es la distancia entre los Meridianos 71° W y el Meridiano 72° W, medida a lo largo de los paralelos que se indican?



Paralelo	Respuesta
0° S/N	60 MN
20° S/N	56.4 MN
30° S/N	52.0 MN
60° S/N	30.0 MN
80° S/N	10.4 MN
90° S/N	0.0 MN

Fig. N° 15 (“Comparación g con Ap.”)

Distancias de un grado de longitud en varias latitudes

**Ej. N° 6** ¿Cuál es la distancia entre meridianos en un paralelo de latitud? En que  $g = 5^\circ W = 300' W$

Latitud	$\text{Ap} = g \times \text{cos} (L)$
0°	300 millas
1°	299.95 millas
30°	259.8 millas
60°	150 millas

En consecuencia, para conservar la proporción que existe en la tierra entre meridianos y los paralelos de latitud, sería necesario agrandar el largo natural del grado de longitud progresivamente a medida que aumenta la latitud.

6.- LATITUD MEDIA (LM.):

De dos lugares situados en el mismo hemisferio es la media entre sus latitudes. Es igual a la semi-suma del valor numérico de sus latitudes. El término no se aplicable en el caso de lugares situados en distinto hemisferio.

$$LM = \frac{L1 + L2}{2}$$

**Ej. N° 7** ¿Cuál es la latitud media entre L1= 23° 20' S y L2 = 45° 35' S?

$$LM = (L1 + L2) / 2 = (-23° 20' S + (- 45° 35')) / 2 = (- 68° 55') / 2 = 34° 27', 5 S$$

**Respuesta: LM = 34° 27,5' S**

7.- RESUMEN

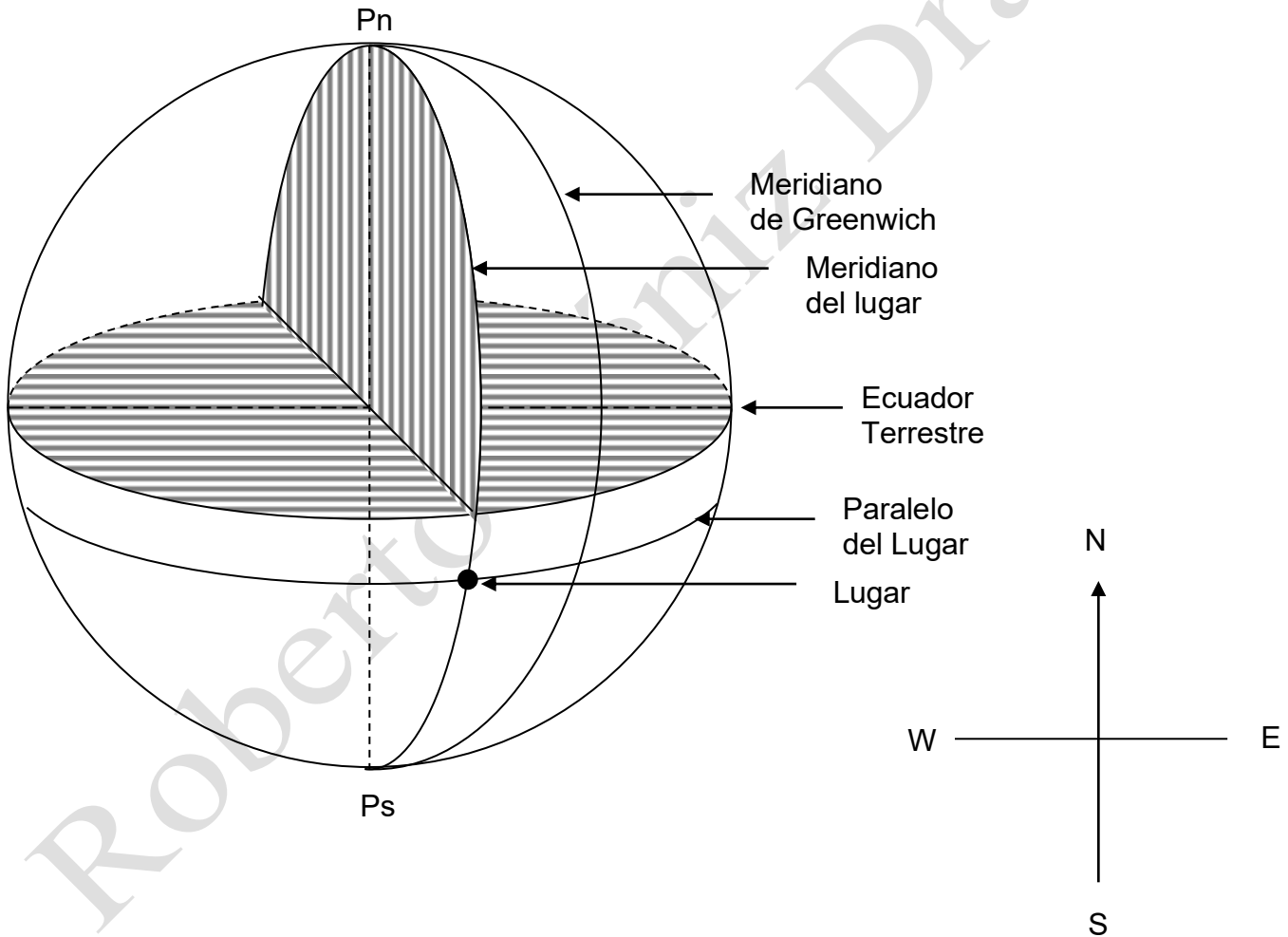


Fig. N° 16 “(Resumen de las coordenadas geográficas.)”

**EJERCICIOS PROPUESTOS**

1.- Dibuje un círculo de radio 5 cm., que represente a la tierra e indique aproximadamente:

- a.- El meridiano de Greenwich
- b.- El Ecuador
- c.- El polo norte
- d.- Un lugar R en L= 20° N G=25° W
- e.- Un lugar L en L= 28° S G=30° E
- f.- Un lugar D en L= 18° N G=48° W
- g.- Graficar l y g entre R y L, L y D y entre R y D.

2.- Determinar l y g entre la Escuela Naval (L = 33° 01'S G = 71° 38'W) y los siguientes puntos, ubicando los puntos en un dibujo)

- Pto “R” : L = 12° 34' S; G = 134° 56' W
- Pto. “L” : L = 45° 41' N; G = 001° 12' W
- Pto. “D” : L = 78° 59' N; G = 178° 03' E
- Pto. “X” : L = 67° 23' S; G = 018° 54' E

3.- Calcular la diferencia de latitud y diferencia de longitud, para ir de un lugar de salida a otro de llegada:

	Salida			Llegada		
	L		G	L		G
1	45	15 N	035 26 W	47	10 N	032 15 W
2	03	30 N	033 40 E	04	10 S	040 42 E
3	58	24 N	004 12 W	63	17 N	002 13 E
4	00	37 S	179 12 W	06	37 N	177 25 E
5	54	58 N	091 12 E	54	12 N	092 12 E
6	02	00 N	001 30 W	00	33 S	000 38 E
7	47	58 N	005 02 W	44	30 N	001 28 W
8	38	07 N	000 28 W	37	02 N	003 06 E
9	52	10 N	176 20 E	54	30 N	177 50 W
10	02	43 S	177 28 E	00	19 N	176 12 W

4.- Calcular:

- a.- La diferencia de latitud y longitud que debe recorrer un buque para ir del lugar de salida al de llegada que se indica.
- b.- La distancia entre el paralelo de salida y llegada.
- c.- La distancia entre el meridiano de salida y llegada, en el ecuador.

Lugar:	Salida		Llegada		
	L.	G	Lugar	L	G
1 ARICA	18° 29' S	070° 20' W	R.CRUSOE	33° 37' S	078° 50' W
2 I. PASCUA	27° 09' S	109° 26' W	IQUIQUE	20° 12' S	070° 09' W
3 ANTOFAGASTA	23° 28' S	070° 26' W	YOKOHAMA	34° 50' N	139° 45' E
4 PORTSMOUTH	50° 48' N	001° 07' W	N.YORK	40° 40' N	074° 00' W
5 MALTA	35° 58' N	014° 31' E	GIBRALTAR	36° 07' N	005° 21' W
6 SIDNEY	33° 52' S	151° 13' E	HONOLULU	21° 18' N	157° 52' W

5.- Calcular:

- a.- La latitud y longitud de llegada, si después de haber zarpado del lugar que se indica (ver coordenadas geográficas en problema anterior), se recorre una diferencia de latitud y longitud dada:
- b.- La distancia entre el paralelo de salida y llegada.
- c.- La distancia entre el meridiano de salida y llegada, en el ecuador.

SALIDA	Dif. Lat.	Dif. Lon.
1 HONOLULU	15° 14.0' N	034° 32.0' W
2 IQUIQUE	00° 56.0' N	008° 07.0' W
3 I.PASCUA	10° 19.3' S	077° 14.5' W
4 R.CRUSOE	08° 27.0' N	003° 21.2' W
5 MALTA	05° 14.0' S	024° 41.5' W
6 SIDNEY	20° 17.4' N	038° 27.5' E

6.- Calcular:

- a.- La latitud y longitud de salida, si después de haber navegado una diferencia de latitud y longitud dada, se llega al lugar que se indica ( ver coordenadas geográficas en problema 4):
- b.- La distancia entre el paralelo de salida y llegada.
- c.- La distancia entre el meridiano de salida y llegada, en el ecuador.

	Dif. Lat.	Dif. Lon.	Llegada
1	14° 24.7' N	017° 24.6' E	ARICA
2	39° 18.3' S	126° 34.5' W	SIDNEY
3	21° 17.4' N	039° 17.0' E	PORTSMOUTH
4	95° 23.8' N	018° 28.5' W	N.YORK
5	23° 16.8' N	031° 17.5' E	HONOLULU
6	11° 21.2' S	017° 28.5' E	GIBRALTAR

7.- Un buque "A", se encuentra 300 MN., al Sur de I. Pascua. Otro buque "B", se encuentra 500 MN., al Norte de la isla.  
¿Cuál es la latitud de "A" y "B"?

8.- Calcular la distancia entre meridianos (apartamiento) entre  $G = 73^\circ W$  y  $G = 68^\circ 20' W$ , en:

- Lat. =  $10^\circ S$
- Lat. =  $10^\circ N$
- Lat. =  $34^\circ 23' S$
- Lat. =  $45^\circ 48' S$
- Lat. =  $86^\circ 34' S$

9.- Dos buques están en el meridiano  $30^\circ W$ , uno en  $L = 10^\circ S$  y otro en  $L = 52^\circ S$ . ¿ A qué longitud llegarán después de navegar 300 millas al este?

10.- Un buque debe ir de Nueva York a Portsmouth. Calcular:

- a.- Diferencia de latitud.
- b.- Diferencia de longitud.
- c.- Latitud media.
- d.- Distancia entre paralelos de salida y llegada