

Capítulo N° 6

“NAVEGACIÓN DE ESTIMA”

I.- DEFINICIONES Y ASPECTOS PRELIMINARES

El primer objetivo al planificar una navegación, consiste en transformar las coordenadas de un lugar de salida y las de llegada, en el rumbo y la distancia que se deberá hacer efectivo.

Mas tarde, durante la navegación, la posición, presente y futura, de la nave será calculada a intervalos regulares.

La navegación de Estima, también llamada Navegación considerando la tierra Plana, permite resolver ambos problemas, cuando la distancia entre el lugar de salida y el de llegada es menor de 600 millas náuticas.

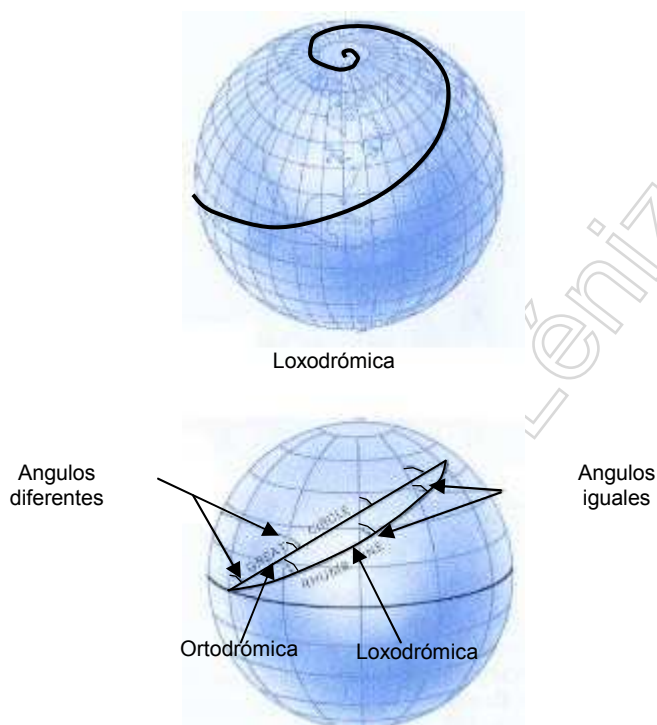


Fig. N° 1 “Comparación de ortodrómica con loxodrómica”.
el Ecuador.

Según sea la derrota que siga un buque para trasladarse de un punto a otro, la navegación puede ser:

A.- LOXODRÓMICA o línea de rumbo:

Es una curva helicoidal trazada en la esfera terrestre y que corta a los meridianos bajo un mismo ángulo. En la Carta Mercátor se representa como una línea recta y en la Gnomónica como una curva con la concavidad hacia el polo elevado. Al seguir una loxodrómica el buque gobierna a un mismo rumbo.

B.- ORTODRÓMICA.

Es el arco de círculo máximo que une dos puntos, siendo la distancia más cercana entre ellos. Excepto en el caso de que ambos puntos se hallen en el Ecuador, la ortodrómica corta los meridianos según ángulos diversos. En la carta Gnomónica se representa como una línea recta y en la Mercátor por una curva con su concavidad hacia

Así sabemos que los meridianos en una carta de proyección Mercátor" están dibujados paralelamente entre si (ver capítulo "Sistemas de proyección y cartas"). Luego si unimos por una recta dos puntos situados en una de esas cartas, la línea que los une formará ángulos iguales con los meridianos y como este ángulo resulta que también es el rumbo, se tendrá la ventaja al navegar siguiendo una línea que la dirección de la proa será la misma durante toda la travesía. La línea de rumbo así trazada se le llamará **loxodrómica**.

Pero la realidad es que, los meridianos convergen hacia los polos; luego al mantener el valor del ángulo de rumbo en la tierra, la loxodrómica irá avanzando en espiral alrededor ésta hacia el Polo sin seguir el círculo máximo excepto aquellas cuyos rumbos sean 000° - 090° - 180° - 270° , pero nunca llegarían a coincidir con el Polo y como la distancia más corta entre dos puntos de la esfera terrestre es el arco de círculo máximo que pasa por ellos, resulta que la loxodrómica no es la distancia mas corta.

Esto en distancias pequeñas, no es un inconveniente y, como hasta el momento, el compás es el único medio de llevar el rumbo, la loxodrómica es el mas cómodo método de navegación. Si navega el buque por el círculo máximo que une el punto de salida por el de llegada, diremos que el buque navega por **ortodrómica** y en ese caso el buque hace su recorrido por el camino más corto, pero la dirección de su proa formará ángulos desiguales con los meridianos; lo que obligará a realizar continuos cambios de rumbos.

Los conceptos, fundamentación y navegación ortodrómica será tratados posteriormente en la asignatura de Navegación Astronómica.

I.- LOXODRÓMICA

En la figura N° 2, "A" es el punto de salida y "B" el de llegada, la curva ACDEB es la loxodrómica entre los dos puntos, luego los ángulos en A-C-D-E-B son iguales y es el Rumbo Loxodrómico entre A y B.

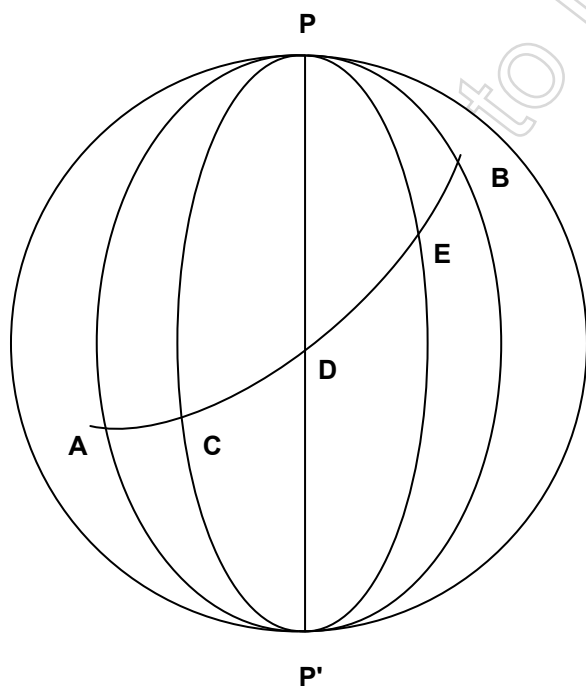


Fig. N° 2 ("Trazado de una ruta Loxodrómica")

La magnitud de la curva entre A y B se llama "**Distancia Loxodrómica**" y se expresa en millas. La navegación por loxodrómica puede llevarse "**gráficamente**" en las cartas de proyección Mercátor; o bien por el cálculo mediante las "**Fórmulas de Estima**".

Debe recordarse que para fines de navegación, la superficie de la tierra se considera plana hasta **600 millas**, siempre que no se sobrepase latitudes mayores de 60° .

A.- MÉTODO GRÁFICO O DE LA CARTA

Para llevar la navegación en esta carta, bastará solamente partir de una situación exacta, que llamaremos Punto de Salida (Ps) y apoyándose en este punto se trazarán los rumbos verdaderos,

considerando las distancias realmente navegadas. Llevando la navegación en esta forma en la carta Mercátor, se tiene en cualquier momento la situación de la nave. El proceso para determinar la situación del buque a partir de rumbos y distancias verdaderas navegadas se llama "**Estima**" y la posición obtenida se le llama "**Punto Estimado**" (Pe). Este tema fue tratado en el capítulo "Situación y Trabajo en la carta de navegación".

La situación estimada, tiene errores que escapan al control del navegante, por mucho que trate de evitarlo y que son ocasionados por:

- Mal gobierno
- Error en las distancias
- Error en el desvío.
- Abatimiento
- Corrientes

De aquí la necesidad de rectificar la situación continuamente, ya sea por demarcaciones, observación astronómica, instrumentos electrónicos (GPS) u otros.

Antes de perderse de vista la costa, debe situarse exactamente el buque; situación, que será el punto de partida o salida para las futuras situaciones.

Es costumbre en la mar considerar al medio día como término o comienzo de los días navegados o singladuras.

Además de la situación estimada en un momento dado, podemos obtener de la carta Mercátor, la diferencia de latitud, diferencia de longitud, distancia y rumbos, sacándolos directamente de ellas.

El método de llevar la estima gráficamente en la carta de navegación o en una carta plotting, es el más usado por lo sencillo y práctico, pues tiene en todo momento a la vista la situación de la nave. En el Capítulo N° 4, se explica cómo se confecciona una carta plotting.

B.- METODO ANALÍTICO DE ESTIMA

La estima puede ser llevada también, por el método analítico, usando las **fórmulas de estima**.

La posición de un buque en la mar la determina las coordenadas del punto y la situación estimadas se deducen, como hemos dicho, tomando otro punto como apoyo. Si a este punto de apoyo le aplicamos la "**diferencia en latitud y longitud**", determinadas por las fórmulas de estima, tendremos la situación estimada de la nave.

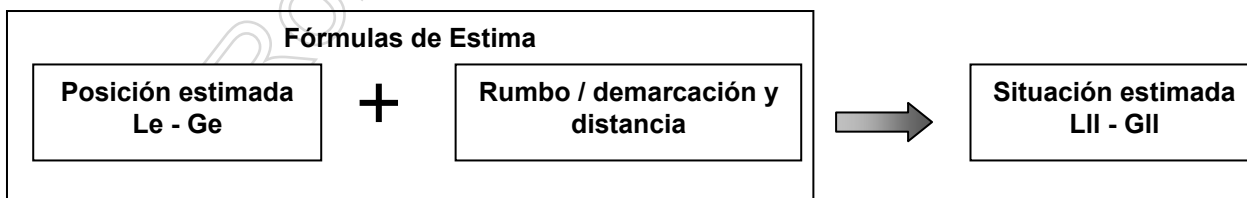


Fig. N° 3 ("Fórmulas de estima Ps + Rv/Dem y dist. = PII")

Del mismo modo conociendo las coordenadas de salida y de llegada, se puede calcular el rumbo y distancia a navegar.

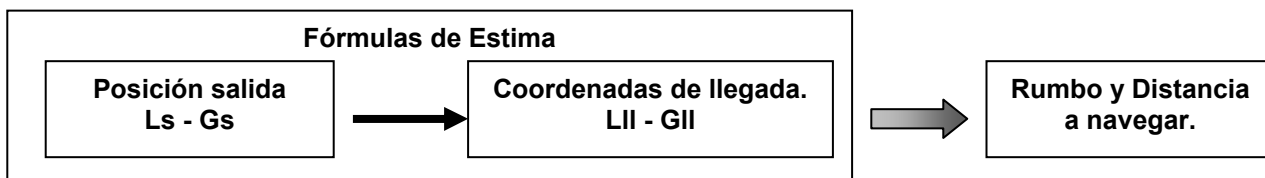
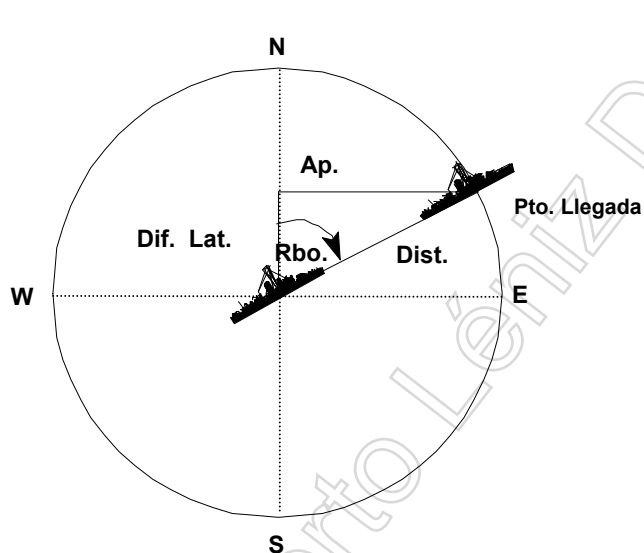


Fig. N° 4 ("Fórmulas de estima Ps – PII = Rv/Dem y dist.")

1.- Caso Uno "Cálculo del punto de llegada"

Conociendo las coordenadas del punto de salida, y los diferentes rumbos y distancia navegadas, podremos conocer la situación estimada, mediante el siguiente método:



a.- Determinación de diferencia de latitud. (g)

Se considera el buque al centro de un círculo plano, llamado **horizonte**. Si este buque navega una **DISTANCIA (D)** en millas náuticas a un Rumbo cualquiera, cambia su latitud en una cantidad que es igual al **Coseno del Rumbo** multiplicada por **la distancia navegada** el resultado es la diferencia de latitud entre el pto. de salida y el de llegada.

Fig. N° 5 ("Gráfico conceptual de las fórmulas de estima.")

$$I = D \times \text{Cos}(\text{Rumbo})$$

Si Dif. Lat > 0 signo "NORTE"

Si Dif. Lat < 0 signo "SUR"

Ej. N° 1 : Calcular Latitud de llegada considerando:

Lat.Sal.	Distancia	Rumbo	Dif. Latitud	Lat. Llegada
30° S	450	060°	225' N	26° 15'S
30° S	450	120°	225' S	33° 45'S
30° S	450	240°	225' S	33° 45'S
30° S	450	300°	225' N	26° 15'S

b.- **Determinación del Apartamiento (Ap)**

Al navegar una determinada distancia a lo largo de un paralelo de latitud, esta es igual al **Seno del Rumbo**. Esa distancia es la que separa al Meridiano de salida del de llegada.

$$Ap = D \times \text{Sen}(\text{Rumbo})$$

Si Apartamiento > 0 signo "ESTE" pto. de llegada = al "E"
Si Apartamiento < 0 signo "WESTE" pto. de llegada = al "W"

Ej. N° 2 : Calcular el apartamiento considerando:

Distancia	Rumbo	Apartamiento
120	060°	103.9' E
120	120°	103.9 E
120	240°	103.9 W
120	300°	103.9 W

Recordar que Ap es diferente a g.

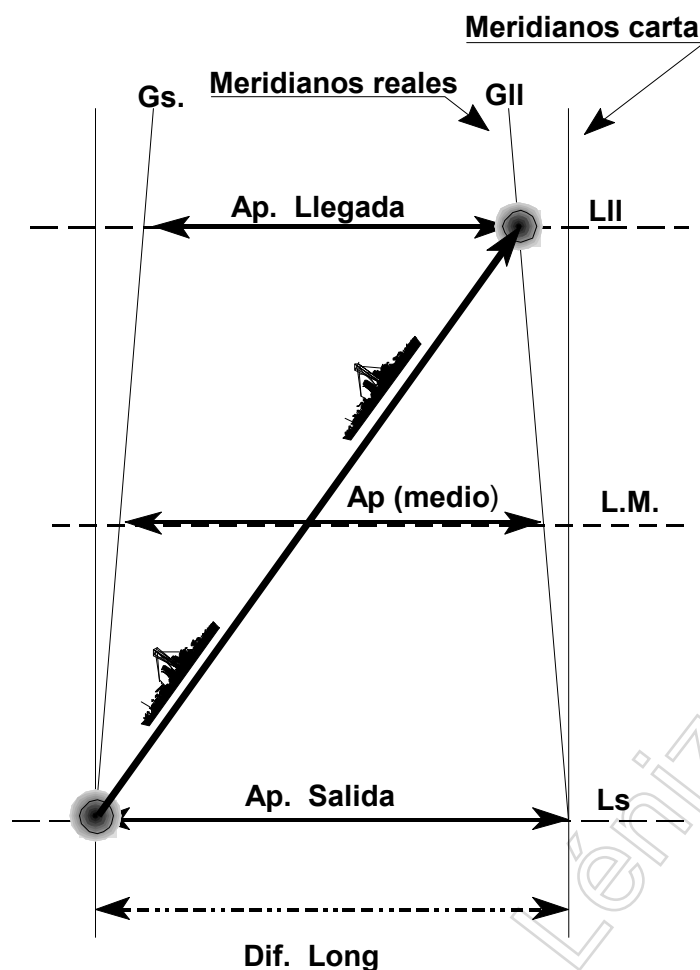
c.- **Diferencia de Longitud (g).**

"g" se puede obtener:

- 1.- Conociendo las longitudes de salida y llegada, materia tratada en el capítulo "Coordenadas geográficas". ($g = GII - Gs$)
- 2.- **DIVIDIENDO EL APARTAMIENTO POR EL COSENO DE LA LATITUD SOBRE EL CUAL SE HACE EFECTIVO EL APARTAMIENTO.** Sin embargo, cabe preguntar ¿a lo largo de qué paralelo de latitud se mide la distancia entre el meridiano de salida y el de llegada? La respuesta la tendremos con la Latitud Media.

d.- **Latitud Media**

Cuando un buque debe navegar un rumbo distinto a 090°/270°, se obtienen dos apartamientos distintos. Primero entre el meridiano pto. salida y el de llegada medido en el paralelo de **salida**. Segundo entre el meridiano pto. salida y el de llegada medido en el paralelo de **llegada**.



RECORDAR QUE

$$Ap = g \times \cos(Lat)$$

Sin embargo la diferencia de longitud se mantiene constante entre ambos meridianos.

La distancia efectiva entre dos lugares entre meridianos será empleando el valor de la **LATITUD MEDIA (LM)**. no se comete error apreciable en distancias menores de 600 millas náuticas, se considera como tal, al término medio de ambas latitudes

Fig. N° 6 ("Gráfico de Latitud Media.")

LM =	$\frac{Ls + LII}{2}$
Ap =	$g \times \cos (LM)$
g =	$\frac{Ap}{\cos (LM)}$

2.- Caso Dos "Calcular la distancia y la dirección entre dos puntos conocidos"

a.- Distancia (D).

Para calcular la **distancia** se debe conocer las coordenadas geográficas de ambos puntos. Por lo tanto se podrá calcular "**g**" y con ella "**ap**". Por otro lado se conocerá fácilmente "**l**". Con estos datos se obtendrá la hipotenusa del triángulo de la Figura N° 4, cuyos catetos son la "**l**" y "**Ap**".

Por lo tanto, la distancia se puede obtener mediante la fórmula de Pitágoras:

$$D^2 = l^2 + Ap^2$$

b.- **Dirección entre dos puntos geográficos.**

Conociendo:

- La distancia entre el meridiano de llegada y el de salida, medido a lo largo de un paralelo de latitud (**Ap**).
- La distancia entre el paralelo de llegada y el de salida (**$I = LII - Ls$) en minutos.**
- La distancia entre el lugar de salida y llegada (**D**).

El rumbo se puede obtener en términos de 000° a 360° aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Rumbo} = 2 \times \text{Arctag} \left(\frac{\text{Ap}}{I + D} \right)$$

NOTA:

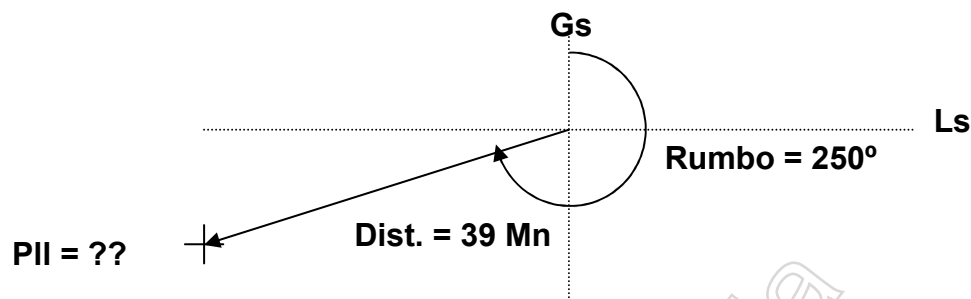
- 1) Para emplear esta fórmula se debe respetar los signos:
 Apartamiento Weste = (-).
 Latitud Sur = (-).
- 2) En caso que se obtenga un resultado negativo sumar 360°.

Síntesis

Caso Uno "Determinar Pto de Llegada conociendo Ls, Gs, Rv y Dv."	
1.- $I = D \times \text{Cos} (Rv)$	("I" en minutos o millas).
2.- $LII = Ls + I$	("Ls" y "I" en grados y minutos).
3.- $Ap = D \times \text{Sen} (Rv)$	("Ap" y "D" en millas).
4.- $LM = (Ls + LII) / 2$	("Ls" y "LII" en grados y minutos).
5.- $g = Ap / \text{Cos} (LM)$	("g" en minutos y "Ap" en millas).
6.- $GII = Gs + g$	("Gs" y "g" en grados y minutos).
Caso Dos "Determinar Dirección y Distancia entre dos puntos conocidos".	
1.- $I = LII - Ls$	("I" en minutos o millas con su signo).
2.- $LM = (Ls + LII) / 2$	("LM" en grados y décimas de grado).
3.- $g = GII - Gs$	("g" en minutos con su signo).
4.- $Ap = g \times \text{Cos} (LM)$	("Ap" en millas con su signo).
5.- $D = I^2 \times Ap^2$	("D" en millas).
6.- $Rv = 2 \times \text{arctg} (Ap/(I + D))$	("Rv" en grados).

Ej. N° 3: Un buque en $L = 18^\circ 29' S$ y $G = 070^\circ 20' W$, navega 39 M.N. al Rumbo 250° ¿Cuáles son las coordenadas del punto de llegada?.

Fig. N° 7 ("Gráfico de ejercicio de Navegación por estima".)



a) Cálculo **LATITUD DE LLEGADA**

$$I = D \times \cos(\text{Rumbo}) = 39 \times \cos(250^\circ) = -13,338 = 13,3 S$$

$$LII = Ls + I = 18^\circ 29' S + 13,3 = \mathbf{18^\circ 42,3' S}$$

b) Cálculo de **LATITUD MEDIA**

$$LM = (LII + Ls) / 2 = (18^\circ 29' S + 18^\circ 42,3' S) / 2 = \mathbf{18^\circ 35,65' S}$$

c) Cálculo de **LONGITUD DE LLEGADA**

$$Ap = D \times \sin(\text{Rumbo}) = 39 \times \sin(250^\circ) = -36,648 = 36,6 W$$

$$Ap = g \times \cos(LM)$$

$$g = Ap / \cos(LM) = -36,6 / \cos(-18+35,65/60) = -38,61 = 38,6 W$$

$$GI = Gs + g = 070^\circ 20' W + 38,6' = \mathbf{070^\circ 58,6' W}$$

Resultados: L: $18^\circ 42,3' S$ y G= $070^\circ 58,6' W$

En caso que exista una corriente de dirección e intensidad conocidas, esta se considera como un rumbo más. La distancia adicional así navegada, es igual a la intensidad de la corriente multiplicada por el intervalo total navegado.

Ej. N° 4: Un buque en $L = 18^\circ 29' S$ y $G = 070^\circ 20' W$, navega 39 M.N. al Rumbo 250° ¿Cuáles son las coordenadas del punto de llegada?.

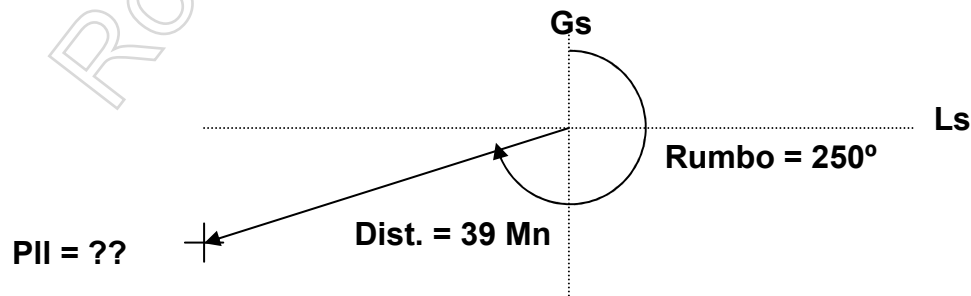


Fig. N° 8 ("Gráfico de ejercicio N° 4")

Calcular la distancia y el rumbo que se deben hacer efectivos para ir de:

Huasco	L = 28° 28' S	Juan Fernández	L = 35° 33' S
	G = 071° 14' W		G = 078° 50' W

- a) Cálculo de **DIFERENCIA DE LATITUD**
 $I = LII - Ls = - 28^{\circ} 28' S - (- 35^{\circ} 33' S) = - 07^{\circ} 05' = (7 \times 60) + 5.7 = 425.7' S$
- b) Cálculo de **LATITUD MEDIA**
 $LM = (LII + Ls) / 2 = (28^{\circ} 28' S + 35^{\circ} 33' S) / 2 = 32^{\circ} 00.5' S$
- c) Cálculo de **DIFERENCIA DE LONGITUD**
 $g = (GII - Gs) = (071^{\circ} 14' W - 078^{\circ} 50' W) = 456' W$
- d) Cálculo de **APARTAMIENTO**
 $Ap = g \times \cos (LM) = -456 \times \cos (32^{\circ} 00.5' S) = 386.7' W$
- e) Cálculo de **DISTANCIA**
 $D = \sqrt{425.7^2 + 386.7^2} = 574.6 \text{ M.N.}$
- f) Cálculo del **RUMBO**
 $RUMBO = 2 \times \arctan (Ap / (I + D))$
 $= 2 \times \arctan (-386.7 / (-425 + 574.6)) = 222.3^{\circ}$

Resultados: Distancia = 574,6 millas; Rv= 223,3°

4.- Corrientes en la estima

La corrección a la estima de la navegación producto del efecto de la corriente en el buque se puede calcular gráficamente, que se verá mas adelante, o en forma analítica. Para ello existen dos posibilidades:

- Cuando se desea conocer el punto estimado, existiendo corriente, se corrige ésta como rumbo y en su propia dirección.
- Cuando se desea ir a un punto determinado, existiendo corrientes, se corrige ésta como rumbo pero en sentido contrario.

Lo anterior empleando las fórmulas de estima ya explicadas.

Ej. N° 5 Un buque zarpa de $L = 33^{\circ} 01' S$ y $G = 71^{\circ} 40' W$ y navega 15 horas al 320° y a 11 nudos, existiendo una corriente al 348° de 3 nudos. Se pide el Pe.

$$D = V \times T = 11 \times 15 = 165 \text{ Millas.}$$

$$I1 = D \times \cos(RV) = 165 \times \cos(320) = 126'.4 N$$

$$D = V \times T = 3 \times 15 = 45 \text{ Millas.}$$

$$I2 = D \times \cos(\text{Dirección corriente}) = 45 \times \cos(348) = 44'.0 N.$$

$$\text{Suma de } I (I1 + I2) = 170.4 \text{ Minutos.} = \mathbf{2^{\circ} 50.4' N}$$

Cálculo de Le

$$Ls = 33^{\circ} 01' S$$

$$I = 2^{\circ} 50.4' N$$

Cálculo de LM

$$Ls = 33^{\circ} 01' S$$

$$Le = 30^{\circ} 10'.6 S$$

$$\mathbf{Le = 30^{\circ} 10.6 S}$$

$$\mathbf{LM = 31^{\circ} 35.8' S}$$

Cálculo de g

$$Ap1 = D. \times \sin(\text{Rumbo}) = 165 \times \sin(320) = -106.06 (W)$$

$$Ap2 = D. \times \sin(\text{Rumbo}) = 45 \times \sin(348^{\circ}) = -9.36 (W)$$

$$\text{Suma de } Ap (Ap1 + Ap2) = -115.42 (W) = 1^{\circ} 55.4' W \gg g = 115.42 / \cos(LM)$$

$$g = 135'.5 W = 2^{\circ} 15'.5 W$$

Cálculo de Ge

$$Gs = 71^{\circ} 40.0' W$$

$$g = 2^{\circ} 15.5' W$$

$$\mathbf{Ge = 73^{\circ} 55.5' W}$$

Resultados: **Le: $30^{\circ} 10.6' S$ y G: $073^{\circ} 55.5' W$**

Ej. N° 6 Datos: Un buque desea zarpar a las 04:00 hrs., del 5 de mayo de L = 33° 02' S y G = 71° 48' W a 15 nudos para L = 37° 13' S y G = 75° 52' W, se sabe que una corriente tira al 350° a razón de 3 nudos.

Ir a un punto determinado con corriente. En este caso se conocen las coordenadas de salida, las de llegada, velocidad que dará el buque y la corriente.

Para tener una idea de lo que afectará la corriente es preciso calcular primeramente la loxodrómica entre ambos puntos; una vez calculada la distancia, se podrá deducir el tiempo de trayecto y con éste lo que abatirá la corriente y en consecuencia lo que habrá que alterar la dirección de la proa para contrarrestarla y mantener la nave en la loxodrómica.

Se pide

- Dirección de la proa y distancia a navegar.
- Hora de recalada.

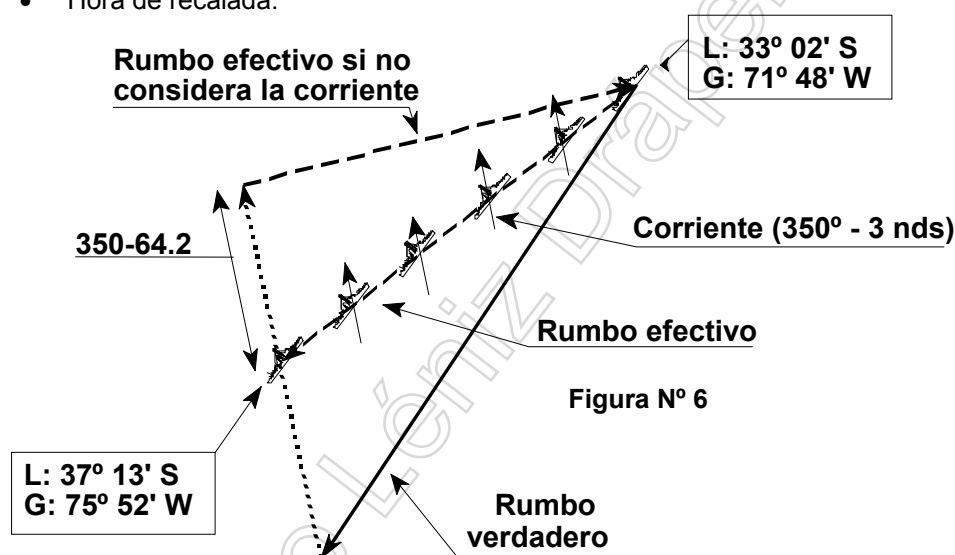


Figura N° 6

Fig. N° 9 ("Gráfico de ejercicio de Corrientes".)

1.- Calcular la loxodrómica.

Cálculo de l	Cálculo de g	Cálculo de LM
Ls = 33° 02' S	Gs = 71° 48' W	Ls = 33° 02' S
LII = 37° 13' S	GII = 75° 52' W	LII = 37° 13' S
l = 04° 11 S	g = 04° 04' W	LM = 35° 07.5 S
l = 251' S	g = 244' W	

$$Ap = g \times \cos (LM) = - 244 \times \cos (35 + 7.5 / 60) = - 199.567$$

$$D^2 = l^2 + Ap^2$$

$$D^2 = 251^2 + 199.7^2 = \Rightarrow \text{Distancia} = 320.67 \text{ Millas.}$$

$$\text{Rumbo} = 2 \times \text{Arctan} (Ap / (l + D)) = 2 \times \text{Arctan} (-199.6 / (-251 + 320.7)) = 141.5$$

2.- Cálculo de la duración aproximada del viaje y lo que afecta la corriente.

Con los datos anteriores:

$$T = D/V = 320.67 / 15 = 21.4 \text{ horas}$$

Luego $3 \times 21.4 = 64.2$ millas de corriente al 350° ($350^\circ - 180^\circ = 170^\circ$)

Para contrarrestar

Cambio de signo $170^\circ - 64.2$ millas

3.- Cálculo de la dirección de la proa para contrarrestar la corriente y distancia a navegar.

$$I1 = D \times \cos(RV) = 320 \times \cos(218.5) = 250.4 \text{ S Minutos.}$$

$$I2 = D \times \cos(\text{Corr.}) = 64.2 \times \cos(170^\circ) = 63.2 \text{ S Minutos.}$$

$$\text{Suma de I} = 313.6 \text{ S Minutos} = 5^\circ 13.6 \text{ S}$$

LM = $35^\circ 07.5 \text{ S}$ (de la primera parte)

Cálculo de Ap.

$$Ap1 = g \times \cos(LM) = -244 \times \cos(-(35+7.5/60)) = -199.56 \text{ Millas}$$

$$Ap2 = \text{Dist} \times \sin(\text{Dirección}) = 64.2 \times \sin(170) = 11.15 \text{ Millas}$$

$$\mathbf{Ap = -188.41}$$

$$\text{Con I} = 251' \text{ S y Ap} = -188.8 \text{ (W)}$$

$$\mathbf{\text{Rumbo} = 2 \times \arctan(Ap / (I + D)) = 2 \times \arctan(-188.41 / (-313.6 + 766.1)) = 211^\circ}$$

DISTANCIA = 366.1 MILLAS

4.- Duración efectiva del viaje, rumbo a gobernar y hora aproximada de recalada.

$$T = D / V = 366.1 / 15 = 24.4 \text{ Horas.}$$

$$\text{Hora de Salida} = 5 \text{ de mayo a las } 04:00 \text{ hrs.}$$

$$\text{Duración} = 1 \text{ día } 00:24 \text{ hrs.}$$

$$\text{Hora de Llegada} = 6 \text{ de mayo a las } 04:24 \text{ hrs.}$$

Algunos marinos estiman este método es muy largo y prefieren el gráfico.

Respuesta: Dirección de la Proa = 211° ; Distancia Navegada = 366.1 millas; Hora Recalada = 6 de mayo a las 04:24hrs.

C.- TABLA DE ESTIMA

Se ha expresado que el navegante necesita tener algún medio que le permita obtener con rapidez y seguridad los "apartamientos" y "diferencias en latitud" de cada uno de los rumbos y distancias verdaderas navegadas.

Todos los datos que se necesitan para calcular una estima deben estar rigurosamente registrados en el Bitácora, luego de él se obtendrán las coordenadas de salida, los rumbos, distancias, abatimientos, desvíos, error girocompás, variación magnética, etc.

Para determinar el punto de llegada se emplea el siguiente "Cuadro de Estima":

Rv	Dist.	I (I = Dist x Cos (Rv))		Ap (Ap = Dist x Sen (Rv))	
		N	S	E	W
	Suma =				
		I =		Ap =	
		Lat (1) =		G = Ap / cos(LM) =	
		Lat (2) =		Lon(1) =	
		LM =		Lon(2) =	

Fig. N° 10 ("Cuadro de estima".)

I = diferencia de las sumas de las columnas N y S con el signo del mayor

Ap = Diferencia de la suma de las columnas E y W con el signo del mayor.

- Se saca del bitácora cada rumbo del compás o giro, se reducen a rumbos verdaderos y se determinan las distancias verdaderas navegadas en cada rumbo, anotándose en las respectivas columnas.
- Con el "Rv" y "D" calcular la "I" y el "Ap" empleando las fórmulas de estima.
- Cada "I" y "Ap" calculado se irá colocando en el casillero respectivo del cuadro de estima. La "I" puede ser N ó S de acuerdo al rumbo, de la misma manera, el "Ap" irá al casillero E ó W según que rumbo se navegue.
- Una vez determinadas las "I" N y S y los "Ap" E y W se suma cada columna independientemente y se determina la diferencia algebraica entre la del N y S dándole el signo de la mayor. Lo mismo se hace con respecto al "Ap".
- Una vez determinada la "I" contraída hasta el momento que se considera, podemos combinarla con la Latitud de salida para deducir la Latitud estimada (L2)
- Conocida la Latitud estamos en condiciones de poder convertir el "Ap" en "g", mediante la fórmula $Ap = g \times \cos(LM)$; en donde LM es la media aritmética entre la Latitud de salida y la estimada.
- Determinada la "g" se combina con la longitud de salida y se tendrá la longitud estimada.

CASOS ESPECIALES

- 1° Cuando se navega en un meridiano, o sea, rumbo 000° ó 180° , todo lo que se navega es "Ap", no hay por lo tanto "g".
- 2° Cuando se navega en un paralelo, o sea rumbo 090° ó 270° donde todo lo que se navega es "Ap", no hay por lo tanto, "l".
- 3° Cuando el buque es afectado por corriente, se asume como un rumbo más en la dirección del abatimiento y la distancia navegada corresponderá a la velocidad de la corriente por el tiempo que afecto a la navegación.

Ej. N° 7 La LM "CHIPANA" zarpa de Isla Juan Fernández L = 33° 37' S., G = 78° 50' W., navega a 15 nudos y a los siguientes rumbos verdaderos y distancias:

- Rv = 070° D = 100 millas.
- Rv = 360° D = 60 millas.
- Rv = 270° D = 30 millas.
- Rv = 160° D = 90 millas.
- Corriente tira al 222° a 4 nudos.

Se pide el Pe.

Cálculos previos

- 1.- Distancia navegada: $100 + 60 + 30 + 90 = Dv = 280$ millas.
- 2.- Tiempo que afectó la corriente: $T = D / V = 280 / 15 = 18.7$ horas.
- 3.- Distancia navegada producto de la corriente: $D = V \times T = 4 \times 18.7 = 74.8$ Millas.
- 4.- Cuadro de estima.

Rumbo	Distancia	L		Ap.	
		N	S	E	W
070°	100	34,2	---	94,0	---
360°	60	60,0	---	---	---
270°	30	---	---	---	30
160	90	---	84,6	30,8	---
222°	75	---	55,7	---	50,2
		94,2	140,3	124,8	80,2
		l	46,1 S	Ap	44,6 E
		Lat (1)	33° 37',0 S	g	53.8 E
		Lat (2)	34° 23'.1 S	Lon (1)	78° 50'.0 W
		LM	34° 00'.0 S	Lon(2)	77° 56'.2 W

Respuesta: **Le = 34° 23'.1 S y Ge = 77° 56'.2 W**

II.- LOXODRÓMICAS MAYORES DE 600 MILLAS

En los párrafos anteriores vimos en detalle la solución de todos los problemas que se presentan en el mar con respecto a la loxodrómic menor de 600 millas, donde se emplean las fórmulas de estima. De estas fórmulas, dos son exactas en todas circunstancias, en cambio **$Ap = g \times \cos (LM)$** aceptado que el "Ap" entre dos lugares, es igual al correspondiente entre sus meridianos en la "LM", no es exacta cuando la distancia navegada es mayor de 600 millas.

Las fórmulas da un error probable de 1% cuando la diferencia en latitud es pequeña; se agranda con el aumento de ésta en especial en latitudes sobre 60°, y no debe emplearse cuando los lugares están en diferentes hemisferios muy separados en latitud.

Por otra parte, el principio en que se apoya la construcción de las cartas Mercátor permite calcular las loxodrómic mayores de 600 millas sin que intervenga el "Ap".

En la siguiente figura tenemos representada una carta Mercátor, donde AB es la loxodrómica que une dos puntos de la carta. El Ángulo CAB es el rumbo.

Si en el triángulo ABC, los lados AC y CB están en las mismas unidades.

AC = Diferencia de latitudes aumentadas (la) entre A y C. "la" puede ser medida directamente en la escala de latitud, o bien puede emplearse la fórmula que se indica:

$$\text{Largo. meridiano} = 7915.704468 \log (\tan (45 + L / 2))$$

Fórmula considerando la tierra redonda

CB = Diferencia de longitud (g) entre C y B. "g" puede ser medida en la escala de longitud dando una cantidad que son minuto de ecuador;

Siendo:

Log = logaritmo es base 10

L = Latitud.

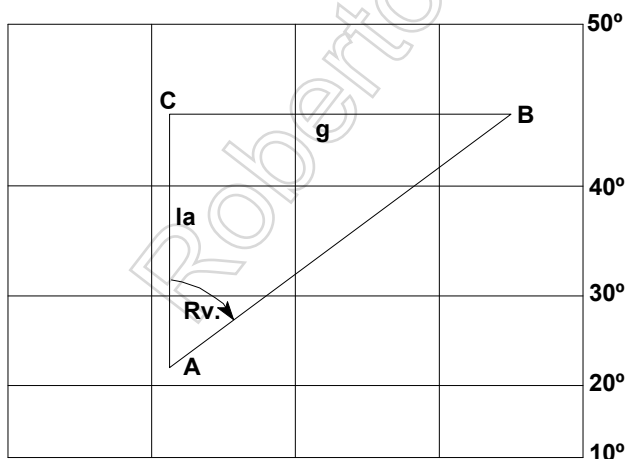


Fig. N° 7
(Loxodrómica mayor
de 600 millas)

Del triángulo ABC obtenemos:

$$\text{Tg Rv} = \frac{g}{la} \text{ es decir}$$

$$\boxed{g = la \times \text{Tg (Rumbo)}}$$

Esta fórmula que se conoce con el nombre "**ecuación de la loxodrómica**", se usa para calcular el rumbo cuando la "distancia es mayor de 600 millas"

Una vez calculado el rumbo se aplica la fórmula de estima para obtener la Distancia.

$$D = I \times \sec \text{Rv} \text{ ó bien } = \frac{I}{\cos (\text{Rv})}$$

$$\boxed{D = I \times \text{Sec (Rumbo)}}$$

Ej. N° 8. Calcular la loxodrómica (mayor de 600 millas) entre Valparaíso e Isla de Pascua.

Valparaíso L = 33° 02' S G = 71° 40' W
I. Pascua L = 27° 09' S G = 109° 26' W

Cálculo del Rv y D Loxodrómica.

Ls = 33° 02',0 S LA(Salida) = 2101.9 S G = 71° 40',0 W
LII = 27° 09',0 S LA (Llegada) = 1693.6 S GII = 109° 26',0 W
I = 05° 53',0 N la = 408.3 N g = 37° 46',0 W
I = 353',0 N g = 2266',0 W

$\text{Tg (Rumbo)} = \frac{g}{la} = \frac{2266}{408.3}$	$D = I \sec \text{Rv} = 353 \times 1/\cos (280.2)$
Rv = N 79° 47.1' W = 280.2°	D= 1993.4 millas

Respuestas: Rumbo =280.2° y Distancia 1993.4 millas

Calcular el punto estimado en distancias mayores de 600 millas

En las fórmulas:

$$\boxed{\text{Tg (Rv)} = \frac{g}{la} \quad D = I \times \text{Sec Rv}}$$

Se ve que, en la segunda se conocen dos elementos, el Rv y D, luego se puede calcular la "diferencia de latitud" (I), la que combinada con la latitud de salida nos dará la estimada.

Conocida la latitud estimada podemos determinar la "diferencia de latitudes aumentadas" entre ellas y aplicar la "ecuación de la loxodrómica" para calcular la "diferencia en longitud" (g) que aplicada a la longitud de salida nos dará la estimada.

Ej. N° 9. La LM "CHIPANA" zarpó del puerto de Coquimbo en L = 29 55' S, G = 71 21' W. y navegó al Rv = 340 y una distancia de 950 millas. Se pide el Pe.

Cálculo Le

$$\begin{aligned} I &= D \cos Rv \\ I &= 892',7 \\ I &= 14 52',7 N \\ Ls &= 29 55',7 S \\ \underline{Le} &= 15 02',3 S \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LA \text{ (salida)} &= 1.883.41 S \\ LA \text{ (estimada)} &= 912.84 S \\ la &= 970.57 N \end{aligned}$$

Cálculo Ge

$$\begin{aligned} g &= la \times \operatorname{tg} Rv = 970.57 \times \operatorname{Tg} (340^\circ) = 353',3 W = 05 53.3 W. \\ g &= 05^\circ 53,3 W \\ Gs &= 71^\circ 21,0 W \\ \underline{Ge} &= 77^\circ 14',3 W \end{aligned}$$

Resultado: Le = 15° 02',3 S Ge = 77° 14.'3 W

Cuando el rumbo es cercano a 090° o 270° no debe usarse la ecuación de la loxodrómica, debido a que la función de la tangente varía muy rápidamente y un pequeño error en el Rumbo produce un gran error en el cálculo de "g". En estos casos debe emplearse la Latitud Media.

EJERCICIOS PROPUESTOS

- 1.- Calcular el punto de llegada si $L_s = 14^\circ 11.5' N$ y $G_s = 48^\circ 30' W$, siendo $R_v = 293^\circ$ y $D = 510$ millas.
- 2.- Calcular la dirección y distancia entre los
P1: $L_1 = 33^\circ 16' S$ y $G_1 = 71^\circ 43' W$.
P2: $L_2 = 25^\circ 10' S$ y $G_2 = 72^\circ 03' W$.
- 3.- Su buque se encuentra el $L = 13^\circ 14' S$ y $G = 43^\circ 12' W$, tiene un contacto al 233° y a 20 millas.
Calcular la posición del contacto
- 4.- Su buque se encuentra en $L = 20^\circ 40' S$ y $G = 77^\circ 14' W$, Efectúa las siguientes caídas $R_v = 140^\circ - 10$ millas; $R_v = 010^\circ - 30$ millas; $R_v = 240^\circ - 100$ millas. Calcular la posición estimada del buque.
- 5.- Un faro se encuentra en $L = 05^\circ 10' N$ y $G = 10^\circ 40' W$, Ud demarca al faro al 070° y se encuentra a una distancia de 30 millas. ¿Cuál es su posición?
- 6.- Su posición a las 08:00 horas C: 510.2 del 20 de noviembre de 2002 es $L = 40^\circ 40' S$ $G = 77^\circ 30' W$ navegando con $R_v = 140^\circ$.

A las 12:30 C = 550.7 cae al 265° v.
A las 18:30 C = 613.2 cae al 042° v.
A las 02:40 C = 691.3 cae al 180° v.

Coeficiente de la corredera = 1.07
Corriente tira al $345^\circ - 1,8$ nudos

Calcular la posición del buque a las 08:00 C:732.3 del 21 de noviembre de 2002.
- 7.- Del problema anterior, determinar la distancia y dirección entre las 20 de noviembre a las 08:00 y los 08:00 del día siguiente.
- 8.- Su buque navega a 21,5 nudos, $R_v = 040^\circ$: Su posición a las 12:00 horas es $L = 23^\circ 24' S$ y $G = 67^\circ 10' E$

A las 15:00 horas cae al 345° .
A las 20:34 horas cae al 105° .
A las 03:45 horas cae al 233° .
Corriente tira al 067° a 1,4 nudos.

Calcular la posición estimada a las 06:00 horas.
- 9.- El Faro "R" se encuentra en $L = 52^\circ 20' S$ y $G = 68^\circ 21' W$.
El Faro "L" se encuentra en $L = 50^\circ 45' S$ y $G = 71^\circ 56' W$.
Calcular la dirección y distancia de "R" a "L".
- 10.- Comparar la posición gráfica de las 15:47 hrs. del ejercicio N° 1 de la Página VI – 3, con la posición obtenida analíticamente mediante las fórmulas de estima.
- 11.- Su buque se encuentra el $L = 00^\circ 13' N$ y $G = 179^\circ 15' W$. Calcular el punto estimado si navega al $R_v = 233^\circ$ y una distancia de 233 millas.

Término Capítulo N° 6