

**FORMULARIO, FÓRMULAS Y
PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO
EN LOS PROBLEMAS DE NAVEGACIÓN**

**Autor:
Roberto Léniz Drápela
rleniz@gmail.com
2022**

Roberto Léniz Drápela

INDICE

| | |
|--|------------------|
| Parte I "NAVEGACIÓN FUNDAMENTOS" | <u>05</u> |
| 1.- Abreviaturas | 05 |
| 2.- Medidas de distancias. | 05 |
| 3.- Cálculo de ETA y ETD. | 05 |
| 4.- Diferencia de latitud (l) y longitud (g) | 06 |
| 5.- Cuadrantal / sexagesimal. | 06 |
| 6.- Rumbos. | 06 |
| 7.- Demarcaciones. | 08 |
| | |
| Parte II "NAVEGACIÓN POR ESTIMA" | <u>09</u> |
| 1.- Loxodrómica menores de 600 millas (método analítico). | 09 |
| 2.- Cuadro de estima. | 10 |
| 3.- Loxodrómica mayores de 600 millas (método analítico). | 10 |
| 4.- Casos de corriente en la estima. | 11 |
| 5.- Ortodrómica. | 12 |
| | |
| Parte III "NAVEGACIÓN POR INSTRUMENTOS" | <u>14</u> |
| 1.- Error de corredera y coeficiente. | 14 |
| 2.- Resbalamiento. | 14 |
| 3.- Compensación de compases. | 14 |
| 4.- Fondeo | 14 |
| | |
| Parte IV "NAVEGACIÓN COSTERA Y PILOTAJE" | <u>17</u> |
| 1.- Cálculo de mareas y corriente. | 17 |
| 2.- Efecto squat (SQ). | 19 |
| 3.- Cálculo de viento. | 20 |
| | |
| Parte V: "NAVEGACIÓN ASTRONOMICA" | <u>21</u> |
| 1.- Hora. | 21 |
| a.- Interconversión de horas. | 21 |
| b.- Determinar la zona horaria de un lugar. | 21 |
| c.- Adelanto y atraso de la hora con el cambio de longitud. | 21 |
| d.- Cambio de fecha al cruce del meridiano 180°. | 21 |
| 2.- Cronómetro - Comparador. | 22 |
| a.- Estado absoluto. | 22 |
| b.- Comparación. | 22 |
| c.- Cálculo del estado absoluto (Ea) con comparadores. | 22 |
| 3.- Cálculo diagrama de luz y oscuridad. | 22 |
| 4.- Identificación de Astros. | 24 |
| 5.- Cálculo de Azimut e Intercepto. | 26 |
| a.- Estructura de cálculo. | 26 |
| b.- Cálculo del ángulo horario local (AHL), ángulo al polo (P) y declinación (D). | 26 |
| c.- Cálculo de altura calculada (Ac) y azimut verdadero (Azv). | 27 |
| d.- Correcciones de alturas en la mar. | 28 |
| e.- Cálculo de intercepto y azimut para rectas de astros. | 29 |
| 6.- Situación por dos rectas con intervalo navegado. | 29 |
| 7.- Cálculos especiales. | 30 |
| a.- Cálculo hora paso sol por meridiano del lugar método ecuación del tiempo. | 30 |
| b.- Cálculo de la latitud por meridiana de sol. | 30 |
| c.- Cálculo de la latitud por circunmeridiana de sol. | 31 |
| d.- Latitud por la estrella polar. | 32 |
| e.- Situación por observaciones de circunzenital del sol. | 33 |
| f.- Determinación de la longitud por observación a ambos lados del meridiano. | 34 |
| g.- Cálculo del error el girocompás y desvío por azimut a un astro. | 35 |
| h.- Cálculo del error el girocompás y desvío por amplitud de sol. | 36 |

| | |
|--|----|
| 8.- Punto al medio día. | 37 |
| a.- Punto al medio día por recta AM y meridiana de sol empleando la carta o carta plotting. | 37 |
| b.- Punto al medio día por recta AM y meridiana de sol empleando tabla de estima. | 39 |
| c.- Punto por recta AM y circunmeridiana de sol. | 40 |
| d.- Cálculo de posición por combinación de rectas. | 40 |

Parte VI: "FORMATOS". [41](#)

| | |
|--|----|
| N° 1: Cálculo del diagrama de luz y oscuridad. | 41 |
| N° 2: Punto al medio día por recta AM y meridiana de sol. | 42 |
| N° 3: Punto al medio día por recta AM y circunmeridiana de sol. | 43 |
| N° 4: Punto observado por recta AM y PM de sol. | 44 |
| N° 5: Punto observado por tres rectas casi simultaneas (estrellas y planeta). | 45 |
| N° 6: Punto observado por tres rectas casi simultaneas (estrellas y polar). | 46 |
| N° 7: Posición por observaciones de circunzenitales. | 47 |
| N° 8: Cálculo del Eg y desvío del compás magnético por Azv de sol. | 48 |
| N° 9: Cálculo del Eg y desvío del compás magnético por Azv al ocaso☉ / orto☉. | 49 |
| N° 10: Cálculo del coeficiente y error de la corredera. | 50 |

Parte VI: REFERENCIAS. [51](#)

Roberto Léniz Drápela

FORMULARIO, FÓRMULAS Y PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO EN LOS PROBLEMAS DE NAVEGACIÓN

Parte I "NAVEGACIÓN FUNDAMENTOS"

1.- ABREVIATURAS

| | |
|-----|--|
| COG | = Course Over Ground (Rumbo respecto a la tierra) |
| DBS | = Deep Below Surface (distancia desde la superficie hasta el fondo). |
| DBT | = Deep Below transducer (Distancia desde el transductor al fondo). |
| DBK | = Deep Below keel (Distancia entre la quilla y el fondo) |
| DFT | = Transducer Draft (Distancia entre la superficie y el transductor) |
| ETA | = Estimated Time of Arrival. (Hora estimada de arribo) |
| ETD | = Estimated Time of Departure, (Hora estimada de zarpe) |
| HDG | = HeaDinG. (Proa) |
| NRS | = Nivel de reducción de sonda |
| SOG | = Speed Over Ground. (Velocidad respecto a la tierra) |
| SQ | = Squat |
| UKA | = Under-Keel allowance (Resguardo bajo la quilla) |
| UKC | = Under-Keel Clearance (Claro bajo la quilla) |

2.- MEDIDAS DE DISTANCIAS.

1 milla náutica = 1.852 metros = 6076,12 pies = 10 cables = 2025,37 yardas
1 cable = 185,2 metros = 607,6 pies = 101,27 brazas
1 braza = 1,829 metros = 6 pies = 2 yardas.
1 grillete = 12,5 brazas = 22 metros = 25 yardas
1 nudo = 1 milla por hora = 0,5147 metros /segundos. (Regla práctica $N \text{ m/s} = N \times 2 \text{ nudos}$).
Paños de carena americano = 27.5 metros
Paños de carena ingles = 26.85 metros, (en otra parte sale 23.5 metros)
Cantidad de paños para fondear en buen tiempo: \sqrt{Pm} (profundidad en metros); con mal tiempo se multiplica por 1,5.

3.- CÁLCULO DE ETA Y ETD

a.- Cálculo ETA

Datos: ETD, Distancia (D) y Velocidad (V), Zh del zarpe y recalada.

$T = D / V$ (Distancia en millas; Velocidad en nudos; Tiempo en horas)

T = convertirlo en mes, día, hora, minuto.

Ej.: 347,37 horas, convertir a días, horas y minutos
días = $347,37 / 24$ = 14,47375 días = 14 días + 0,47375 días
horas = $0,47375 \times 24$ = 11,37 horas = 11 horas + 0,37 horas
minutos = $0,37 \times 60$ = 22,2 minutos.
Resultado = 14 días, 11 horas, 22,2 minutos

b.- Cálculo con cambio de huso horario

| | | | |
|---------------|---------|------------|--|
| ETD | = _____ | Hora local | (año, mes, día, hora, minuto) |
| Zh (zarpe) | = _____ | Se suma | (mantiene signo) (Z_{hw} (+); Z_{he} (-)) |
| ETD | = _____ | Hora Gr | (año, mes, día, hora, minuto) |
| T | = _____ | Se suma | (días, horas, minutos) |
| ETA | = _____ | Hora Gr | (año, mes, día, hora, minuto) |
| Zh (recalada) | = _____ | Se resta | (cambia el signo) (Z_w (+); Z_E (-)) |
| ETA | = _____ | Hora local | (año, mes, día, hora, minuto) |

En puerto = _____ Se suma (días, horas, minutos)

ETD = _____ Hora local (año, mes, día, hora, minuto)

En la sumatoria de los días tener presente que:

- Enero, marzo, mayo, julio, agosto, octubre y diciembre tienen 31 días.
- Abril, junio, septiembre y noviembre tienen 30 días.
- Febrero 28 días, excepto días bisiestos que tienen 29 días (2020, 2024, 2028, etc.)

c.- Cálculo ETD

Datos: ETA, Distancia (D) y Velocidad (V), Zh del zarpe y recalada.

$$T = D / V \text{ (Distancia en millas; Velocidad en nudos; Tiempo en horas)}$$

| | | | |
|---------------|---------|------------|--|
| ETA | = _____ | Hora local | (año, mes, día, hora, minuto) |
| Zh (recalada) | = _____ | Se resta | (cambia el signo) (Z _W (+); Z _E (-)) |
| ETA | = _____ | Hora Gr | (año, mes, día, hora, minuto) |
| T | = _____ | Se resta | (días, horas, minutos) |
| ETD | = _____ | Hora Gr | (año, mes, día, hora, minuto) |
| Zh (zarpe) | = _____ | Se suma | (mantiene signo) (Z _W (+); Z _E (-)) |
| ETD | = _____ | Hora local | (año, mes, día, hora, minuto) |

4.- DIFERENCIA DE LATITUD (l) Y LONGITUD (g)

- Diferencia de latitud: $l = L_2 - L_1$, (Signos norte positivo (+) y sur negativo (-))
- Diferencia de longitud: $g = G_2 - G_1$, (Signos este positivo (+) y weste negativo (-))

Los signos de l (N o S) y g (E o W) indican el sentido en que mueve o moverá el buque.

Nota: Cuando la diferencia de longitud excede de 180°
 $g = 360° - g$ y cambia de signo. Es decir, el buque navega la ruta más corta.

| | |
|---------------|---------------|
| l (+) ; g (-) | l (+) ; g (+) |
| l (-) ; g (-) | l (-) ; g (+) |

5.- CUADRANTAL / SEXAGESIMAL

a.- Pasar de graduación cuadrantal a sexagesimal

| | |
|--|------------------|
| Ier. cuadrante entre el N y el E, queda en la misma forma. | (N 40° E = 040°) |
| IIdo. cuadrante entre el S y el E, se resta de 180° | (S 50° E = 130°) |
| IIIero. cuadrante entre el S y el W, se le suma 180° | (S 40° W = 220°) |
| IVto. cuadrante entre el N y el W, se le resta de 360° | (N 50° W = 310°) |

b.- Pasar de graduación sexagesimal a cuadrantal

| | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| I° Cuadrantal entre 0° y 90° | Se lee N E | (040° = N 40° E) |
| II° Cuadrante entre 90° y 180° | Se resta de 180° y se lee S E. | (130° = S 50° E) |
| III° Cuadrante entre 180° y 270° | Se le resta 180° y se lee S W. | (220° = S 40° W) |
| IV° Cuadrante entre 270° y 360° | Se resta 360° y se lee N W. | (310° = N 50° W) |

6.- RUMBOS

Regla:

Para la corrección de rumbos tener presente la regla con respecto a los signos que dice:

DEL BUENO AL MALO **LO** CAMBIA

DEL MALO AL BUENO **NO** CAMBIA

El verdadero es "bueno" con respecto al magnético y éste con respecto al compás.

Vmg "Este" es (+) y la "Weste" es (-).

Desvío (Δ) "Este" es (+) y el "Weste" es (-).

El "Δ" que se usa es el que corresponde "a la proa que tienen el compás", y se obtiene de la tablilla o curva de desvío.

a.- Cálculo actualización de la variación magnética (Vmg)

La "Vmg." que se usa es la correspondiente al lugar que se está navegando y se obtiene de la carta de náutica a emplear. Dicho valor se debe actualizar de acuerdo al año de edición de la carta y del año que se navega.

Vmg = _____ (De la carta náutica)
co = _____ (Diferencia de años x variación anual) (1)
Vmg co = _____

(1) Signos contrarios entre la Vmg y la corrección se resta "co"; caso contrario se suma "co".

Ejemplo:

De la Carta náutica la Vmg = 2° 35' E (2015) (9'W). Calcular Vmg para el año 2020.

Diferencia de años: 2020 - 2015 = 5 años

Corrección: Co = 5 x 9' = 45' W

Vmg = 2° 35' E (2015)
co = - 45' W
Vmg co = 1° 50' E (2020)

b.- Cálculo del rumbo verdadero (Rv)

Rc = _____
 Δ = _____ Del Malo al bueno **NO** cambia el signo
Rmg = _____
Vmg = _____
Rv = _____

$$Rv = Rc + \Delta + Vmg$$

c.- Cálculo del rumbo del compás (Rc)

Rv = _____
Vmg = _____ Del bueno al malo **LO** cambia el signo
Rmg = _____
 Δ = _____
Rc = _____

$$Rc = Rv - \Delta - Vmg$$

d.- Cálculo de Rumbo efectivo (Ref.)

Cuando existe "abatimiento" (Ab) se corrige siguiendo las mismas reglas anteriores y se aplica al Rv y tiene los siguientes signos:

Abatimiento a ESTRIBOR signo positivo (+)

Abatimiento a BABOR signo negativo (-)

La dirección resultante se llama Rumbo Efectivo (Ref.) o COG (Course Over Ground)

Rv = _____
Ab = _____ Del Malo al bueno **NO** cambia el signo
Ref. = _____

$$Ref. = Rv - Ab$$

Ref. = _____
Ab = _____ Del bueno al malo **LO** cambia el signo
Rv. = _____

$$Rv = Ref + Ab$$

Se llama también Rv como Proa verdadera (Pv) o HDG (HeaDinG. Rumbo de la embarcación). El Ref también se llama COG (Course Over Ground (Rumbo respecto a la tierra))

e.- Corrección de rumbos con corrección total (CT)

Los rumbos también se pueden corregir empleando el sistema por "corrección total" (CT),

$$R_v = R_c + CT \quad (1)$$

$$R_c = R_v - CT \quad (1)$$

(1) CT = a la suma algebraica de la Vmg y del desvío. $CT = Vmg + \Delta$

f.- Rumbos con girocompás (Rg)

Regla: Con el girocompás se procede en igual forma que con los compases magnéticos para la corrección de rumbo; pero sólo es afectado por el "Error del girocompás" (Eg), el que es igual o constante para todas las proas.

$$R_v = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$E_g = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Del bueno al malo } \mathbf{LO} \text{ cambia el signo}$$

$$R_g = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R_g = R_v - E_g$$

$$R_g = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$E_g = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Del Malo al bueno } \mathbf{NO} \text{ cambia el signo}$$

$$R_v = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R_v = R_g + E_g$$

Para el caso de existir abatimiento las reglas anteriores se conservan.

Abatimiento a ESTRIBOR signo positivo (+)

Abatimiento a BABOR signo negativo (-)

Del cálculo obtenido dará el COG o HDG según corresponda.

7.- DEMARCACIONES

Reglas:

- Las demarcaciones siguen las mismas reglas que para los rumbo, pero a estas NO se le corrige el "abatimiento" si lo hubiere.
- El desvío (Δ) que se emplea, es el correspondiente a la proa del compás.
- La Variación magnética (Vmg) que se usa es la que corresponde al lugar, previamente actualizada.
- La Vmg y el Δ cuando son "Este" son positivos (+).
La Vmg y el Δ cuando son "Weste" son negativos (-).
- Lo verdadero es bueno con respecto al magnético y éste con respecto al compás.

a.- Cálculo demarcación verdadera (Dv)

$$D_c = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\Delta = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Del Malo al bueno } \mathbf{NO} \text{ cambia el signo}$$

$$D_{mg} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{mg} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$D_v = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$D_v = D_c + \Delta + V_{mg}$$

b.- Cálculo demarcación del compás (Dc)

$$\begin{aligned} Dv &= \underline{\hspace{2cm}} \\ Vmg &= \underline{\hspace{2cm}} \text{ Del bueno al malo LO cambia el signo} \\ Dmg &= \underline{\hspace{2cm}} \\ \Delta &= \underline{\hspace{2cm}} \\ Dc &= \underline{\hspace{2cm}} \end{aligned}$$

$$Dc = Dv - Vmg - \Delta$$

(1) Δ obtenido de la tabla de desvío entrando con el rumbo magnético.

c.- Corrección demarcación por corrección total (CT)

En la corrección de demarcaciones es muy conveniente emplear el sistema de Corrección Total (CT)

$$\begin{aligned} Dc &= Dv - CT \quad (2) \\ Dv &= Dc + CT \quad (2) \end{aligned}$$

(2) CT = Variación magnética y el desvío con sus signos
CT = Vmg + Δ

d.- Demarcación por girocompás (Dg)

No tiene corrección por abatimiento.

$$\begin{aligned} Dv &= \underline{\hspace{2cm}} \\ Eg &= \underline{\hspace{2cm}} \text{ Del bueno al malo LO cambia el signo} \\ Dg &= \underline{\hspace{2cm}} \end{aligned}$$

$$Dg = Dv - Eg$$

$$\begin{aligned} Dg &= \underline{\hspace{2cm}} \\ Eg &= \underline{\hspace{2cm}} \text{ Del Malo al bueno NO cambia el signo} \\ Dv &= \underline{\hspace{2cm}} \end{aligned}$$

$$Dv = Dg + Eg$$

Parte II "NAVEGACIÓN POR ESTIMA"

1.- LOXODROMICA MENORES DE 600 MILLAS (método analítico)

a.- Dadas las coordenadas de salida (L_s y G_s) calcular el punto estimado (L_e y G_e).

Datos: L_s y G_s ; Rv y D navegados

$$\begin{aligned} l &= D \times \cos Rv && (D \text{ en millas, } l \text{ en minutos resultante}) \\ L_e &= L_s + l && (N (+) \text{ y } S (-)) \text{ (} l \text{ debe ser transformado a grados para la suma)} \\ LM &= (L_s + L_e) / 2 && (N (+) \text{ y } S (-)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ap &= D \times \sin Rv && (D \text{ y } Ap \text{ en millas) (} Ap \text{ con signo resultante)} \\ g &= ap / \cos LM && (Ap \text{ en millas con signo y } g \text{ en minutos con signo resultante)} \\ G_e &= G_s + g && (g \text{ debe ser transformado a grados para la suma algebraica)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pe \quad L_e &= \underline{\hspace{2cm}} \\ G_e &= \underline{\hspace{2cm}} \end{aligned}$$

b.- Dado el punto de salida (L_s y G_s) y el punto de llegada (L_{II} y G_{II}), calcular el rumbo (R_v) y la distancia (D) entre ellos.

Datos: L_s y G_s ; L_{II} y G_{II}

$$\begin{aligned} I &= L_{II} - L_s && \text{(N (+) y S (-))} \\ LM &= (L_s + L_e) / 2 && \text{(N (+) y S (-))} \\ g &= G_{II} - G_s && \text{(E (+) y W (-))} \\ Ap &= g \times \cos LM && \text{(g en minutos con signo) (Ap con signo resultante)} \\ D &= \sqrt{I^2 + Ap^2} && \text{(I y Ap en minutos)} \end{aligned}$$

Método indirecto

$$\begin{aligned} R_v &= \arctan (Ap / I) && \text{(I y Ap en minutos)} \\ R_v &= (\text{signo de I}) \text{ Grados}^\circ \text{ (signo de g) Transformar Rumbo de cuadrantal a sexagesimal} \end{aligned}$$

Método directo

$$R_v = 2 \arctan (Ap / (I + D)) \quad \text{(I y Ap en minutos) (signos de I y g)}$$

$$\begin{aligned} R_v &= \underline{\hspace{2cm}} \\ D &= \underline{\hspace{2cm}} \end{aligned}$$

2.- CUADRO DE ESTIMA

Datos: L_s y G_s ; Rumbos verdaderos y distancias navegadas.

| R_v | Dist. | I ($I = \text{Dist} \times \cos (R_v)$) | | Ap ($Ap = \text{Dist} \times \text{Sen} (R_v)$) | |
|-------|--------|---|-----|---|-----|
| | | N | S | E | W |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | Suma = | | | | |
| | | I = | (1) | Ap = | (2) |
| | | $L_s =$ | | $g = Ap / \cos(LM) =$ | |
| | | $L_e =$ | | $G_s =$ | |
| | | LM = | | $G_e =$ | |

(1) = Diferencia de las sumas de las columnas N y S con el signo del mayor

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

- Con los " R_v " y " D " se 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; " Ap " puede ser E ó W según el rumbo se navegue.
- Se suma cada columna de " I " y " Ap " independientemente y se determina la diferencia algebraica entre la del N y S y E y W manteniendo el signo del mayor.
- Con " I " se suma algebraicamente a la Latitud de salida (L_s) para obtener Latitud estimada (L_e)
- Conociendo L_e se calcula $LM = (L_s + L_e)/2$
- Se convierte el " Ap " en " g ", mediante la fórmula $Ap = g \times \cos (LM)$
- Determinada la " g " se suma algebraicamente a la longitud de salida (G_s) y se tendrá la longitud estimada (G_e)

3.- LOXODROMICA MAYORES DE 600 MILLAS (método analítico)

a.- Dado el punto de salida (L_s y G_s) y de llegada (L_{II} y G_{II}). Determinar el Rv y la Distancia loxodrómica

Datos L_s y G_s ; L_{II} y G_{II}

$$\begin{aligned} I &= L_{II} - L_s && ("I" \text{ en minutos o millas con su signo).} \\ LM &= (L_s + L_{II}) / 2 && ("LM" \text{ en grados y décimas de grado).} \\ la_{II} &= 7915.7 \text{ Log} (\tan (45^\circ + L_{II} / 2)) && ("L_{II}" \text{ en grados}) \\ la_s &= 7915.7 \text{ Log} (\tan (45^\circ + L_s / 2)) && ("L_s" \text{ en grados}) \\ la &= la_{II} - la_s && ("la" \text{ en minutos con su signo).} \\ g &= G_{II} - G_s && \\ tg (Rv) &= g / la && ("g" \text{ y } "la" \text{ en minutos, ambos con signo).} \\ &&& \text{Resultado en cuadrantal signo de "g" y de "la"} \\ D &= I / \cos Rv && ("D" \text{ en millas y "I" en minutos).} \end{aligned}$$

b.- Dado el punto de salida (L_s y G_s); el Rv y distancia Loxodrómica. Determinar el punto de llegada (L_{II} - G_{II})

Datos L_s y G_s ; Tv y Distancia

$$\begin{aligned} I &= D \times \cos (Rv) && ("I" \text{ en minutos o millas).} \\ L_{II} &= L_s + I && ("L_s" \text{ y } "I" \text{ en grados y minutos).} \\ la_{II} &= 7915.7 \text{ Log} (\tan (45^\circ + L_{II} / 2)) && ("L_{II}" \text{ en grados}) \\ la_s &= 7915.7 \text{ Log} (\tan (45^\circ + L_s / 2)) && ("L_s" \text{ en grados}) \\ la &= la_{II} - la_s && ("la" \text{ en minutos con su signo).} \\ g &= la \times \tan Rv && ("g", \text{ si } Rv \text{ mayor de } 180^\circ \text{ signo W (-)).} \\ G_{II} &= G_s + g && ("G_s" \text{ y } "g" \text{ en grados y minutos).} \end{aligned}$$

4.- CASOS DE CORRIENTE EN LA ESTIMA

a.- Para calcular el Punto estimado (Pe) conociendo la corriente, se incorpora al cuadro de estima como un rumbo en la dirección que va la corriente, considerando la intensidad durante el tiempo que afectó. Ejemplo: si la corriente es al 230° y es de 3 nudos durante 10 horas, se podrá en el cuadro de estima un rumbo 230° y una distancia navegada de 30 millas (3 nudos x 10 horas).

b.- En caso que se desee ir a un punto determinado, existiendo corriente.

1. Calcular la distancia y rumbo entre los dos punto (L_s y G_s ; L_{II} y G_{II}) con el método ya descrito para las loxodrómica.
2. Con la velocidad del buque se determina el tiempo que durará la navegación.
3. Calcular la distancia navegada producto de la corriente (Intensidad de la corriente x duración de la navegación)
4. Calcular el punto estimado considerando la dirección contraria de la corriente y la distancia anterior (L'_{II} y G'_{II})
5. Calcular la dirección y la velocidad a ajustar entre el punto de salida y el nuevo punto de llegada (L_s y G_s ; L'_{II} y G'_{II})

Fórmulas de cálculo

Paso I: Calcular Rv (COG o Ref) y D entre L_s - G_s y L_{II} - G_{II}

Datos: L_s y G_s ; L_{II} y G_{II}

$$\begin{aligned} I &= L_{II} - L_s && (N (+) \text{ y } S (-)) \\ LM &= (L_s + L_{II})/2 && (N (+) \text{ y } S (-)) \\ g &= G_{II} - G_s && (E (+) \text{ y } W (-)) \\ Ap &= g \times \cos LM && (g \text{ en minutos con signo) (Ap con signo resultante) \\ D &= \sqrt{I^2 + Ap^2} && (I \text{ y } Ap \text{ en minutos}) \\ Rv &= \text{arc tan} (Ap / I) && (I \text{ y } Ap \text{ en minutos) (signos de } I \text{ y } g) \\ Rv &= \underline{\hspace{2cm}} \\ D &= \underline{\hspace{2cm}} \end{aligned}$$

Paso II: Calcular tiempo que durará la navegación (T) (SOG)

Datos: Velocidad buque (V) y Distancia (D) entre $L_s - G_s$ y $L_{II} - G_{II}$
 $T = D / V$

Paso III: Calcular distancia navegada producto de la corriente (D_c)

Datos= Intensidad de la corriente (V_c) y tiempo (T) calculado en el paso anterior.
 $D_c = V_c \times T$

Paso IV: Calcular nuevo punto de llegada afectado por la corriente la L'_{II} y G'_{II}

Datos: Dirección contraria de la corriente (R_c) y D_c.

$I = D_c \times \cos R_c$ (D_c en millas, I en minutos resultante)
 $L'_{II} = L_{II} + I$ (N (+) y S (-)) (I debe ser transformado a grados para la suma)
 $LM = (L_{II} + L'_{II})/2$ (N (+) y S (-))
 $Ap = D_c \times \sin R_c$ (D_c y Ap en millas) (Ap con signo resultante)
 $g = ap / \cos LM$ (Ap en millas con signo y g en minutos con signo resultante)
 $G'_{II} = G_{II} + g$ (g debe ser transformado a grados para la suma algebraica)

$P'_{II} \quad L'_{II} = \underline{\hspace{2cm}}$
 $\quad \quad G'_{II} = \underline{\hspace{2cm}}$

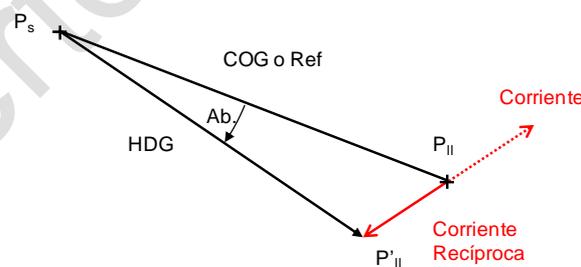
Paso V: Calcular nuevo rumbo (Rv') (HDG) y velocidad a ajustar.

Datos: L_s y G_s ; L'_{II} y G'_{II} ; T

$I = L'_{II} - L_s$ (N (+) y S (-))
 $LM = (L_s + L'_{II})/2$ (N (+) y S (-))
 $g = G'_{II} - G_s$ (E (+) y W (-))
 $Ap = g \times \cos LM$ (g en minutos con signo) (Ap con signo resultante)
 $D' = \sqrt{I^2 + Ap^2}$ (I y Ap en minutos)
 $Rv' = \arctan (Ap / I)$ (I y Ap en minutos) (signos de I y g)

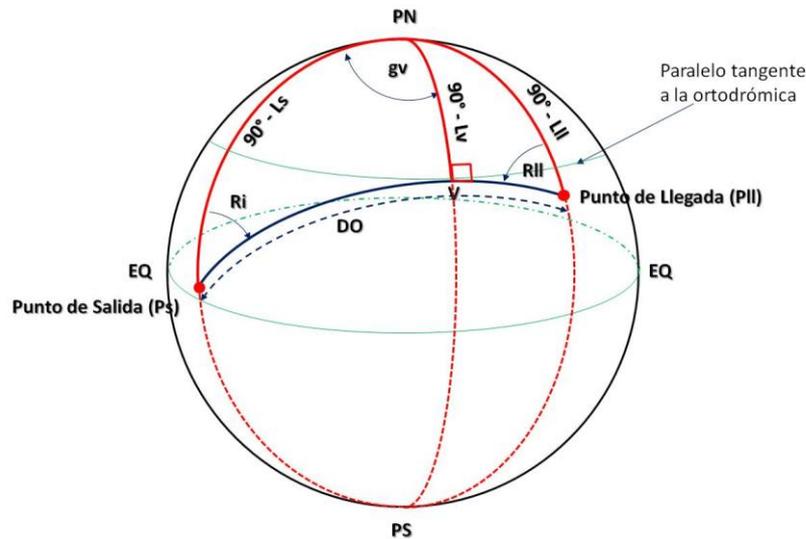
$Rv' = \underline{\hspace{2cm}}$ (HDG)
 $D' = \underline{\hspace{2cm}}$

$V = D' / T$
 $V = \underline{\hspace{2cm}}$ (Velocidad respecto al agua a ajustar)



5.- ORTODRÓMICA

En las cartas de proyección Mercator, las ortodrómicas se proyectan como una línea quebrada que es cercana al círculo máximo. Para trazarla en la carta, es necesario calcular las coordenadas de varios puntos de la ortodrómica.



Pasos:

- 1) Hacer un gráfico, que visualice la navegación. Considerar siempre el Polo norte como vértice del triángulo ortodrómico. Evita ambigüedades en los cálculos. Idealmente con una rosa de maniobras objeto obtener los puntos aproximados (Anexo C).
- 2) Considerar en la memoria de la calculador: A: L_s ; B: L_{ll} ; C: g ; D: DO ; E: R_i ; X: L_v ; Y: G_v
- 3) Calcular la distancia ortodrómica entre el Ps y Pll. Respetar los signos.
 $\cos (DO) = \text{sen} (L_s) \times \text{sen} (L_{ll}) + \cos (L_s) \times \cos (L_{ll}) \times \cos (g)$ (Fórmula 1)

- 4) Calcular los ángulos interiores del triángulo esférico (R_i y R_{ll})
 $\cos (R_i) = (\text{sen} (L_{ll}) - \text{sen} (L_s) \times \cos (DO)) / (\cos (L_s) \times \text{sen} (DO))$ (Fórmula 2)
 $\cos (R_{ll}) = (\text{sen} (L_s) - \text{sen} (L_{ll}) \times \cos (DO)) / (\cos (L_{ll}) \times \text{sen} (DO))$ (Fórmula 6)
Si da negativo se suma 180° .
Considerar g en valor absoluto (signo +)

- 5) Calcular las coordenadas del vértice.
 $\cos (L_v) = \cos (L_s) \times \text{sen} (R_i)$
 $\tan (g_v) = 1 / (\text{sen} (L_s) \times \tan (R_i))$
 $G_v = G_s + g_v$
Tener presente que el segundo vértice se encuentre en misma latitud pero con signo contrario y la longitud en el meridiano opuesto.

Si R_i y R_{ll} son ambos mayores o menores de 90° vértice en ortodrómica
Si R_i es mayor o menor de 90° y R_{ll} es menor o mayor de 90° vértice fuera de la ortodrómica

- 6) Calcular los puntos (WP) de la ortodrómica dada la distancia loxodrómica entre los puntos, normalmente 600 millas o menos. (Caso 1)
 $\text{sen} (L_x) = \cos (x^\circ) \times \text{sen} (L_v)$ siendo x° la distancia desde el vértice al WP.

$$\text{sen} (g_x) = \text{sen} (x^\circ) / \cos (L_x)$$

$$G_x = G_v + g_x$$

- 7) Calcular los puntos (WP) de la ortodrómica dada la diferencia de longitud entre el vértice y el punto. (Angulo en el polo). ejemplo 5° , 10° , 15° , 20° , etc. Con lo anterior se obtiene la longitud del punto deseado, sumando o restando la diferencia de longitud a la longitud del vértice. Caso 2.

$$\tan (L_p) = \cos (g_x) \times \tan (L_v)$$

- 8) Calcular la distancia entre los puntos (WP).
 $\tan (D_x) = \cos (L_v) \times \tan (g_x)$

- 9) Calcular un WP conociendo la latitud o la longitud.

Por latitud:

$$\cos (g_x) = \tan (L_x) / \tan (L_v) \text{ (por Napier)}$$

Lx: latitud del punto seleccionado y gx la diferencia de longitud entre el vértice y el punto seleccionado. La longitud del punto: $G_x = G_v + g_x$

Por Longitud:

g_x = Diferencia de longitud entre el vértice y la longitud dada.

$$\tan (L_{px}) = \cos (g_x) \times \tan (L_v)$$

Parte III "NAVEGACIÓN POR INSTRUMENTOS"

1.- ERROR DE CORREDERA Y COEFICIENTE

Dv = Distancia verdadera

Dc = Distancia corredera

Cc = Coeficiente de corredera

$$\text{Error} = \frac{(Dv - Dc)}{Dc} \times 100$$

$$Cc = \frac{Dv}{Dc} \text{ (Con dos decimales)}$$

$$Dv = Cc \times Dc$$

$$Dc = \frac{Dv}{Cc}$$

2.- RESBALAMIENTO

Dv = Distancia verdadera

Dmq. = Distancia por la máquina

El "Paso" de la hélice en pies.

Revoluciones son de la hélice (vueltas).

CResb = Coeficiente de resbalamiento

$$\text{Resb} = \frac{(Dv - Dmq)}{Dmq} \times 100 \text{ (Siempre será negativa)}$$

$$Dmq = \frac{\text{Paso} \times \text{Revoluciones}}{6076} = \text{_____ millas}$$

$$CResb = \frac{Dv}{Dmq} \text{ (dos decimales)}$$

$$Dv = CResb \times Dmq$$

$$Dmq = \frac{Dv}{CResb}$$

3.- COMPENSACIÓN DE COMPASES.

a.- Compensación teórica

1) Pruebas antes de la compensación

- a) Sensibilidad y estabilidad de las rosas
- b) Determinar graduación de la balanza de escora.
- c) Prueba de esferas y flinders para cerciorarse que no tiene magnetismo.
- d) Determinar las fuerzas magnéticas de los imanes para usar los mejores y más homogéneos.
- e) Preparar tabla para los distintos rumbos del giro.

2) **Precauciones durante una compensación (BATICLAP)**

- B:** No debe haber otros Buques a menos de 3 cables
- A:** El buque se debe encontrar Adrizado.
- T:** Tiempo mínimo a cada proa debe ser 4 minutos, para evitar influencia del magnetismo semi permanente.
- I:** Imanes probados en cuanto a fuerza y coloración
- C:** Prueba de sensibilidad para comprobar roce del Chapitel y estilo del compás efectuada.
- L:** La Línea de fe del compás debe estar paralela al eje longitudinal del buque
- A:** Prisma Azimutal con su alineación comprobada
- P:** Pescantes, plumas, escotillas y puertas de hierro trincadas para la mar. Profundidad del área de compensación mayor de 35 metros.

3) **Durante la compensación**

- a) Verificar que el buque esté BATICLAP
- b) Tomar Δ a las proas N, NE, E, SE, S, SW, W, NW
- c) Calcular los coeficientes por las fórmulas que se indican. Los Δ tienen que ser menores de 20°.

$$A = \frac{\Delta N + \Delta NE + \Delta E + \Delta SE + \Delta S + \Delta SW + \Delta W + \Delta NW}{8}$$

$$B = \frac{\Delta E - \Delta W}{2}$$

$$C = \frac{\Delta N - \Delta S}{2}$$

$$D = \frac{\Delta NE + \Delta SW - \Delta NW - \Delta SE}{4}$$

$$E = \frac{\Delta N + \Delta S - \Delta E - \Delta W}{4}$$

- d) Corregir el "desvío cuadrantal" (coeficiente "D" y "E2") en la siguiente forma:
 - Colocar las esferas a la distancia que indican las tablas de acuerdo al coeficiente calculado
 - Si existe "E" girar las esferas el ángulo que corresponda.
- e) Se corrige el parámetro "c" y "f" con barra flinders.
- f) Se corrige el "error de escora" con imanes verticales que introduce en el estuche de escora. si el buque fue construido en el hemisferio norte los imanes correctores se colocarán con el "rojo hacia arriba" y lo contrario si el buque fue construido en el hemisferio sur. Para corregirlo se navega proa Norte o sur y se colocan los imanes verticales para disminuir las oscilaciones.
- g) Se corrige el Δ semicircular (Coeficientes "B" y "C", el más grande primero) de la siguiente forma:
 - Proa Este o Weste se corrige el coeficiente "B" con imanes longitudinales por pares +B azul a popa y -B con azul a proa.
 - Proa Norte o sur se corrige el coeficiente "C" con imanes transversales al lado opuesto donde está el flinders. +C con azul a babor y -C con azul a estribor.
- h) Se toma desvíos finales.

Una vez el compás se encuentra compensado, se obtienen nuevamente los coeficientes a cada una de las proas. Empleando la fórmula que se indica, se puede obtener los desvíos aproximados a cada uno de los rumbos del compás (Rc)

$$\Delta = A + B \times \text{sen } Rc + C \times \text{cos } Rc + D \times \text{sen } (2 \times Rc) + E \times \text{cos } (2 \times Rc)$$

Conociendo el desvío a un Rc determinado y la Vmg, se obtendrá fácilmente el Rv aproximado.

4) Después de la compensación

- Anotar la colocación de todos los correctores
- Cerrar con llave todos los casilleros.

b.- Compensación práctica

La "Compensación Práctica" o método de Koch aunque no es exacta, si se hace con cuidado, puede dejar un compás en estado de inspirar confianza cuando se necesite de él.

1) Procedimiento

- Pruebas de sensibilidad y estabilidad efectuadas.
- Buque "BATICLAP"
- Colocar **esferas a media carrera** en sus consolas.
- Colocar la cantidad de Flinders de acuerdo con el historial o de un buque similar.
- Eliminar **el error de escora** con balanza a las proas E o W; o sin balanza a las proas N o S anulando las oscilaciones producidas por el balance.

- Con **proa Norte** determina un buen desvío, **anulándolo totalmente con imanes transversales** con el Azul a Babor si es positivo y con el Azul a Estribor si es negativo, colocados en el bitácora al lado contrario a la que va el Flinders. Recuerde que debe colocar correctores a 90° con las agujas del compás.

- Proa al Este** tome un buen desvío y **anúlelo íntegramente con imanes longitudinales** con azul a popa si es positivo. Azul a proa si es negativo.

- Proa al Sur**, tome un buen desvío **corrigiendo únicamente la mitad subiendo o bajando los imanes transversales**. Tome un desvío final enseguida.

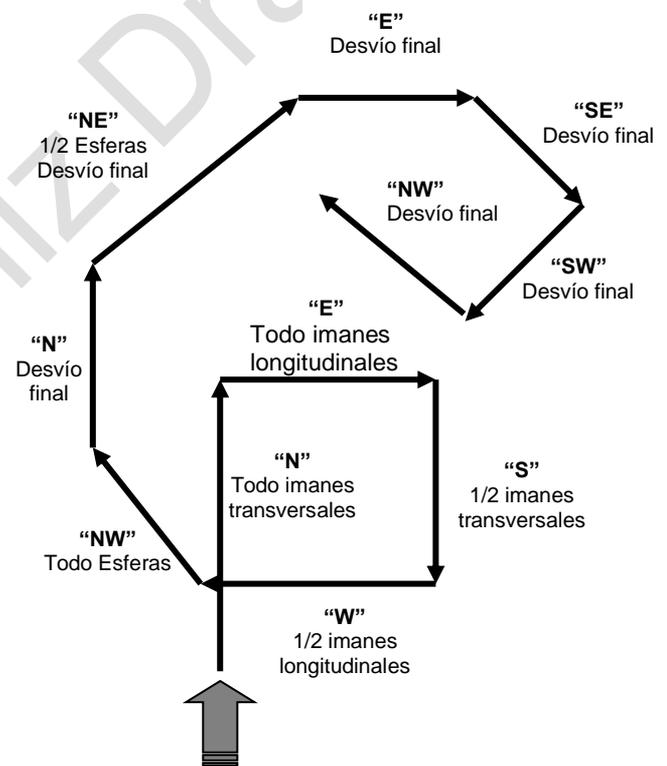
- Proa al Weste**, tome un buen desvío y **corrija la mitad subiendo o bajando los imanes longitudinales**. Tome un desvío final enseguida.

- Proa al NW** tome un buen desvío y **anúlelo íntegramente con las esferas** acercándolas si es positivo. Alejándolas si es negativo.

- Proa al Norte** tome un buen desvío final.

- Proa NE** tome un buen desvío y corrija la mitad con las esferas: Acercándolas si es positivo. Alejándolas si es negativo. Tome desvío final.

- Proa al E - SE - SW - NW** tomará a cada una, el **desvío final** completando la Tabla definitiva.



4.- MANIOBRA DE FONDEO

a) Cantidad de paños a arriar (o filada)

1 paño de cadena = 27.5 metros

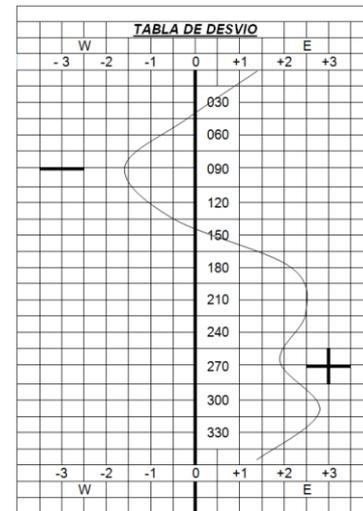
Cantidad de paños:

Buen tiempo:

- 3 veces la profundidad en metros / 27.5
- Raíz cuadra de la profundidad en metros

Mal tiempo:

- Cantidad de paños = 5 veces la profundidad en metros / 27.5
- 1,5 veces la raíz cuadra de la profundidad en metros

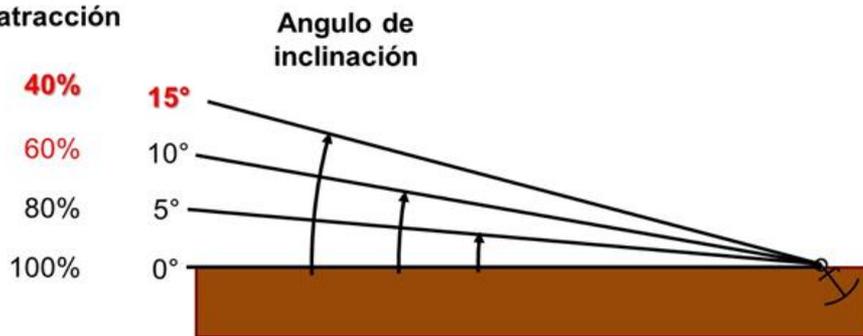


b) Cálculo del radio de borneo (medidas en metro)

Radio de borneo = Eslora + cadena arriada – profundidad + resguardo.

c) Tracción de la maniobra de fondeo en función de la inclinación de la cadena.

% de
resistencia a
la atracción



$$\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{P}{(27.5 \times \sqrt{P})}\right)$$

$$Y = 100 - 4 \times \alpha$$

Siendo

P = Profundidad en metros.

α = Angulo de inclinación.

Y = % de resistencia a la atracción.

(Nota: 27,5 Mts corresponde al largo de un paño)

Parte IV "NAVEGACIÓN COSTERA Y PILOTAJE"

1.- CÁLCULO DE MAREAS Y CORRIENTE.

a.- Cálculo de mareas.

Datos: Nombre lugar, fecha, Z, momento.
Se requiere la tabla de mareas del año a calcular.

Puerto Patrón = _____
Puerto Secundario = _____

| | | Hora P/B | Altura P/B | Hora P/B | Altura P/B |
|-----------------------|---|----------|------------|----------|------------|
| Puerto Patrón (1) | = | _____ | _____ | _____ | _____ |
| Corrección (Tabla II) | = | _____ | _____ | _____ | _____ |
| Puerto secundario | = | _____ | _____ | _____ | _____ |

(1) Tener presente el cambio de hora de acuerdo a instrucciones de la Tabla de Mareas

Hora Plea / Baja = _____
Hora Plea / Baja = _____
Duración vaciante / llenante = _____ (dato a))

Hora Plea / Baja = _____ (Más cercana al momento)
Hora Momento = _____
Lapso = _____ (dato b))

Altura Plea = _____
Altura Baja = _____
Rango de marea = _____ (dato c))

Corrección = _____ (Por tabla III o por fórmula (2))

Altura Plea / Baja = _____ (Más cercana al Momento)
Corrección = _____ (Restar a la pleamar; sumar a la bajamar)
Altura Marea instante = _____
Corrección por presión (Cp) = _____ (por tabla Pág. N° 7 o fórmula (3))
Altura Marea corregida = _____

b.- Para el cálculo de DBK, DBS, DFT y DBT emplear la siguiente ecuación general debiendo despejarse la variable requerida.

Se considera $DFT < \text{calado}$

Sonda + marea = calado + DBT - Distancia transductor quilla.

Sonda = calado + DBT - (marea + Distancia transductor quilla.)

DBT = Sonda + marea - calado + Distancia transductor quilla.

DBS = Sonda + marea

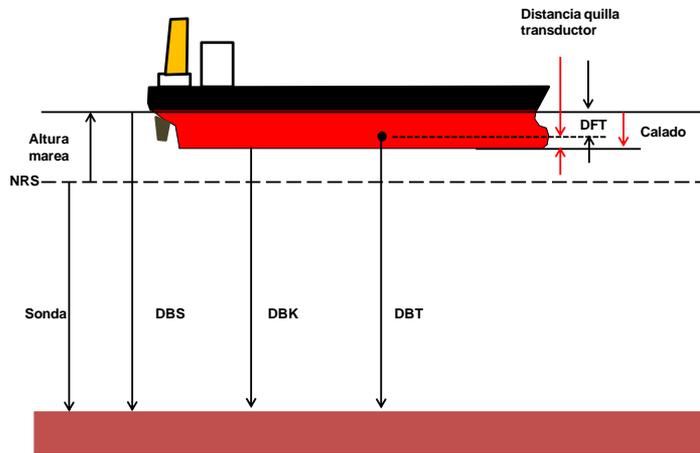
DBS = calado + DBT - Distancia transductor quilla.

DBK = Sonda + marea - calado.

DBK = DBT - Distancia transductor quilla.

DFT = Calado - Distancia transductor quilla.

Mucha precaución cuando $DFT > \text{Calado}$



(2) Fórmula para obtener corrección de marea.

$$Co = \frac{c}{2} \times (1 - \cos (180^\circ - \frac{b}{a}))$$

b) y a) en horas; c) en metros

(3) Fórmula corrección por presión (Cp)

Presión en Hectopascales (hPa)

$$Cp = +10,13 - hPa \times 0.01$$

Presión en milímetros de mercurio (mmHg)

$$Cp = +10 - mmHg \times 0.0132$$

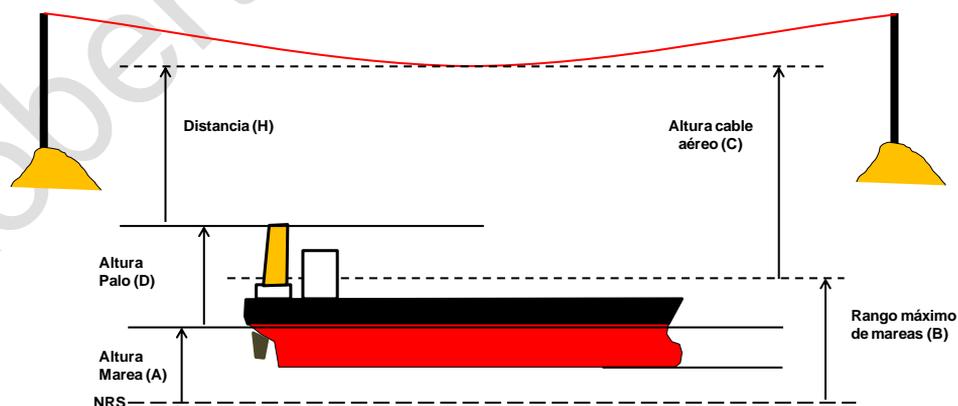
c.- Cálculo calado aéreo

Datos:

| | | | |
|---------------------------|---|-------|---------------------------------------|
| Altura Marea (A) | = | _____ | (Procedimiento anterior de cálculo) |
| Rango máximo de marea (B) | = | _____ | (Tabla II, última columna) |
| Altura cable aéreo (C) | = | _____ | (Del derrotero o de la carta náutica) |
| Altura de palo (D) | = | _____ | (Del barco - bitácora) |

Distancia punto más alto del buque y el cable aéreo (H)

$$H = C + B - D$$



d.- Cálculo de corriente

La tabla de corriente de mareas entrega para algunos lugares los datos de:

- Hora estoa.
- Hora e intensidad máxima de corriente de refluo.
- Hora e intensidad máxima de corriente de flujo.

Se debe tener cuenta las instrucciones respecto al huso horario, fecha y lugar.

e.- Cálculo de la intensidad de la corriente de marea en un momento determinado.

Datos:

Lugar = _____
Fecha = _____
Hora deseada de cálculo = _____
Hora estoa = _____
Hora Máxima corriente = _____
Intensidad máxima corriente = _____

El momento deseado debe estar entre la estoa y la máxima corriente

Hora corriente máxima = _____
Hora estoa = _____
Intervalo (dato a) = _____ (Valor absoluto)

Hora deseada = _____
Hora estoa = _____
Intervalo (dato b) = _____ (Valor absoluto)

Factor (f) = _____ (1)
Intensidad máxima corriente (IM) = _____
Intensidad corriente momento = _____ (IM x f) (nudos)

(1) El factor (f) se obtiene de la Tabla de corriente entrando con los datos a) y b) o mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Intensidad corriente} = IM \times \cos\left(90^\circ - \left(\frac{b}{a} \times 90^\circ\right)\right)$$

f.- Cálculo duración de la estoa.

Para algunos lugares¹ se ha podido determinada la intensidad de la corriente en período de tiempo antes y posterior a la estoa, donde la corriente es débil casi insignificante (0 a 0,5 nudos)

Datos:
Lugar = _____
Fecha = _____
Corriente máxima aceptada = _____ (0 a 0,5 nudos)
Corriente máxima = _____
Período que se alcanza corriente deseada = _____ (minutos) (de la tabla)

2.- EFECTO SQUAT (SQ)

$$Cb = \text{Coeficiente de Block} = \frac{\text{desplazamiento}}{\text{eslora} \times \text{manga} \times \text{calado}}$$

a.- Squat en aguas muy someras abiertas (Profundidad 1,1 a 1,4 veces el calado)

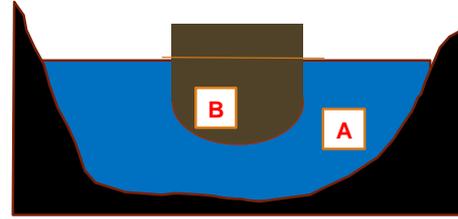
$$SQ = \frac{Cb \times V^2}{100} \text{ (metros)}$$

¹ Canal Chacao, canal Jerónimo, Primera Angostura, Segunda Angostura, Bajo Roepke, paso Inglés, angostura Kirke, angostura White, paso Mc Intyre, angostura Gabriel, canal Dalcahue, boca del Guafo, isla Meninea y paso Mackinlay.

b.- Para aguas muy confinadas lateralmente o canal artificial (Si $B / A > 0,265$)

$$SQ = \frac{2 \times Cb \times V^2}{100} \text{ (metros)}$$

A: Sección Transversal del canal
B: área Transversal sumergida del buque



c.- Otros factores

- Hundimiento por efecto escora (**EE**).
 $EE = (0,5 \times Manga \times \text{sen}(E))$
Siendo E el Angulo de escora y el calado el máximo
- Efecto de la presión atmosférica. (**EP**) (Corrección a la altura de la marea)
- Hundimiento por Efecto Marejada (**SW**),
 $SW = 0,5 \times \text{Altura de la ola}$
- Resguardo bajo la quilla (**UKA**)

$$UKC = \text{Sonda} + \text{Alt. marea} - (\text{calado max.} + SQ + EE + SW + UKA)$$

3.- CÁLCULO DE VIENTO

1.- Cálculo Viento Verdadero

Datos: Rumbo (Rv), Velocidad (Vel), Viento Relativo (DirRel, VelRel, rojo/verde)

$\text{DirApar} = Rv + \text{DirRel}$ (Signo de DirRel: verde (+), rojo (-))

$\text{DirApar} > 360$ (restar 360°); $\text{DirApar} < 0$ (sumar 360°)

$X = \text{Vel} \times \text{Sin}(Rv) - \text{VelRel} \times \text{Sin}(\text{DirApar})$

$Y = \text{Vel} \times \text{Cos}(Rv) - \text{VelRel} \times \text{Cos}(\text{DirApar})$

Velocidad viento verdadero = $VvInt = \sqrt{X^2 + Y^2}$

$VvDirec = 2 * (\text{atan}(X / (Y + VvInt)))$

$VvDirec < 0$ (sumar 360°)

$VvDirec = VvDirec + 180$ (mayor de 360° , restar 360°)

2.- Cálculo del viento relativo

Datos: Rumbo (Rv), Velocidad (Vel), Viento Verdadero (VvDirec, VvInt)

$VvDirec = VvDirec + 180^\circ$ (mayor de 360° , restar 360°)

$X = \text{Vel} \times \text{Sin}(Rv) - VvInt \times \text{Sin}(VvDirec)$

$Y = \text{Vel} \times \text{Cos}(Rv) - VvInt \times \text{Cos}(VvDirec)$

$\text{VelRel} = \sqrt{X^2 + Y^2}$

$\text{DirApar} = 2 \times (\text{Atan}(AuxX / (AuxY + \text{VelRel})))$

$\text{DirRel} = \text{DirApar} - Rv$ ($\text{DirRel} < 0$ sumar 360° ; $> 360^\circ$ restar 360°)

$\text{DirRel} < 180$; "Verde" si es $> 180^\circ$ "Rojo"

Parte V: "NAVEGACIÓN ASTRONÓMICA"

1.- Hora

a.- INTERCONVERSION DE HORAS

Zonas horarias: "Weste" positivas (+) y "Este" negativas (-)

$$HmGr = Hml + Gw \quad (\text{Longitud en horas})$$

$$HmGr = Hml - Ge \\ (\text{Longitud en horas})$$

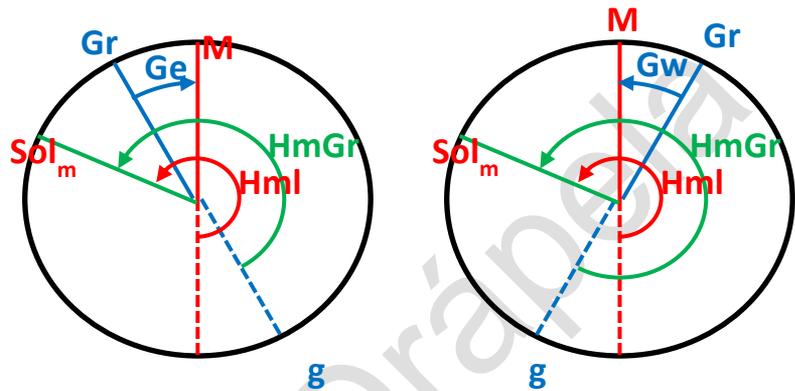
$$HmGr = Hzl + Zh$$

$$HmGr = Hcp + cp + Ea$$

$$HmGr = Hcr + Ea$$

$$Hvl = Hml + Et$$

$$Et = Hvl - Hml$$



b.- DETERMINAR LA ZONA HORARIA DE UN LUGAR

Si la "Longitud" está expresada en grados y minutos, se reduce a grados y fracción y se divide por 15° aproximando el resultado al entero más próximo.

Signo positivo (+) cuando G es W

Signo negativo (-) cuando G es E

Como la zona se aplica con "su signo", habrá que tener cuidado cuando se aplica las ecuaciones.

$$\begin{aligned} \text{Ejemplo: } G &= 118^\circ 36' W = 118,6^\circ && (\text{En grados}) \\ &= 118,6^\circ / 15^\circ = 7,9 \text{ h} && (\text{En horas}) \\ Zh &= + 8 \text{ h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HmGr &= Hzl + Zh \\ Hzl &= HmGr - Zh \end{aligned}$$

Tener presente que este cálculo es válido en alta mar. Los países, estados y regiones pueden tener zonas horarias diferentes a las calculadas en base a su longitud. Pueden tener horarios de verano e invierno como Chile. Por lo tanto, para estos casos es necesario consultar el Almanaque Náutico o INTERNET.

c.- ADELANTO Y ATRASO DE LA HORA CON EL CAMBIO DE LONGITUD

Navegando hacia el ESTE "Adelantar" relojes para colocarlos en la hora.

Navegando hacia el WESTE "Atrasar" relojes para colocarlos en la hora.

d.- CAMBIO DE FECHA AL CRUCE DEL MERIDIANO 180°

Cuando navega hacia el WESTE se cruza el meridiano 180° , se suma (+) un día a la fecha.

Cuando navega hacia el ESTE se cruza el meridiano 180° , se resta (-) un día a la fecha.

2.- CRONOMETRO - COMPARADOR

a.- ESTADO ABSOLUTO

$$\begin{aligned}Ea &= HmGr - Hcr \\HmGr &= Hcr + Ea \\Hcr &= HmGr - Ea\end{aligned}$$

b.- COMPARACIÓN

$$\begin{aligned}cp &= Hcr - Hcp \\Hcp &= Hcr + cp \\HmGr &= Hcp + cp + Ea\end{aligned}$$

c.- CÁLCULO DEL ESTADO ABSOLUTO (Ea) CON COMPARADORES

Datos: Top horario con comparador y cronómetro

$$\begin{aligned}Hcr &= \underline{\hspace{2cm}} \quad (1) \\- Hcp &= \underline{\hspace{2cm}} \quad (\text{menos}) \\cp &= \underline{\hspace{2cm}} \\+ Hcp &= \underline{\hspace{2cm}} \quad (2) \quad (\text{más}) \\Hcr &= \underline{\hspace{2cm}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}HmGr &= \underline{\hspace{2cm}} \quad (1) \quad (2) \\- Hcr &= \underline{\hspace{2cm}} \quad (\text{menos}) \\Ea &= \underline{\hspace{2cm}} \quad (\text{debe ser valor positivo})\end{aligned}$$

(1) Se suma 12 horas si es necesario para poder restar.

(2) Al top de la señal horaria.

3.- CÁLCULO DIAGRAMA DE LUZ Y OBSCURIDAD (FORMATO 1)

a.- Cálculos del Sol

Hora orto (sun rise), ocaso (sun set), crepúsculo (Twilight) y Aurora (Twilight)

Para los cuatro casos la estructura de cálculo es la misma, debiendo tener cuidado de entrar al almanaque náutico en la fecha, día y efeméride astronómica de sol a calcular.

Formato común

$$\begin{aligned}Hml &= \underline{\hspace{2cm}} \quad (1) \\co \times Lat. &= \underline{\hspace{2cm}} \quad (2) \\Hml \ co &= \underline{\hspace{2cm}} \\Ge &= \underline{\hspace{2cm}} \quad (+ Gw) \text{ o } (- Ge) \quad (3) \\HmGr &= \underline{\hspace{2cm}} \\Zh &= \underline{\hspace{2cm}} \quad (4) \\Hzl &= \underline{\hspace{2cm}} \quad (\text{Fecha})\end{aligned}$$

(1) Se entra al almanaque Náutico con la fecha y la latitud más próxima menor, del hemisferio correspondiente.

(2) Se interpola para los grados de latitud que faltan, ya sea empleando el sistema aritmético corriente (regla de tres) o bien, usando la Tabla I al final del Almanaque para correcciones de latitud.

(3) La longitud debe estar en horas. Para ello basta con dividir por 15°. también se puede usar la Tabla "conversión de arco a tiempo" del A.N.

(4) El valor de la zona (Z) se aplica cambiándole el signo.

Uso de la tabla I (Corrección por latitud)

- a. Determinar la diferencia entre la latitud con que se entro al A.N. y la latitud tabulado inmediatamente superior (10°, 5° o 2° de diferencia); determinando a la vez la diferencia de tiempo entre las horas tabuladas de estas latitudes.
- b. Determinar la diferencia entre la latitud del lugar y la latitud con que entró al A.N.
- c. Entrar a la Tabla I en la parte "Intervalo Tabular". Seleccionar la columna 10°, 5° o 2° que haya determinado en el párrafo (a.)
- d. Con la columna anteriormente determinada, se toma como argumento la Diferencia de Latitud" obtenida en el párrafo (b.) y se encuadra con la diferencia del párrafo (a.), obteniéndose la corrección que debe hacerse a la latitud.
- e. Sumar o restar la corrección a la Hml que se obtuvo del A.N., según aumente o disminuya las horas con la latitud, y se obtendrá la Hml para la latitud del lugar.

b.- Cálculos de la luna

Hora orto luna (moon rise) y ocaso luna (moon set)

Para los dos casos la estructura de cálculo es la misma, debiendo tener cuidado de entrar al almanaque náutico en la fecha, día y efeméride astronómica de la luna a calcular.

El cálculo es muy similar al del sol, con la diferencia que a la luna se le debe sumar o restar la corrección por longitud (5).

Formato común para la luna.

Hml = _____ (1)
co x Lat. = _____ (2)
co x G. = _____ (5)
Hml co = _____
Ge = _____ (+ Gw) o (- Ge) (3)
HmGr = _____
Zh = _____ (4)
Hzi = _____ (Fecha)

(5)

$$co \times G = \frac{G^\circ \text{ al decimo de grado}}{360^\circ} \times \text{"diferencia diaria"}$$

$$co \times G = \frac{G^\circ \text{ en horas y décimos}}{24 \text{ h}} \times \text{"diferencia diaria"}$$

Ambas respuestas son en minutos de tiempo

En "GW" la "diferencia diaria" se entra el día considerado y el siguiente y la corrección es positiva (+)

En "GE" la "diferencia diaria" se entra el día considerado y el anterior y la corrección es negativa (-)

También la co x G se puede obtener de la Tabla II del A.N.; para ello se entra con la Longitud (G) en grados y la "diferencia diaria, observándose las mismas reglas anteriores indicadas.

c.- Cálculo de la obscuridad absoluta

Conociendo los cálculos del Fin del crepúsculo, ocaso sol, comienzo de la aurora, orto sol, ocaso luna y orto luna, se pondrán combinar y obtener las horas entre las cuales el sol y la luna estarán bajo el horizonte visible; es decir se podrá determinar las horas de obscuridad absoluta en una noche determinada.

Con el objeto de no hacer cálculos innecesarios, antes de iniciarlos, es conveniente ver en el A.N. la HmGr paso luna por meridiano para el día indicado, elemento que nos permitirá formarnos un concepto de lo que necesitamos calcular para determinar las hora de obscuridad; puesto que todo astro nace o se pone seis (6) horas antes o después, aproximadamente, de estar en el horizonte.

Ejemplo: si el A.N. indica que HmGr paso luna por Meridiano Greenwich = 16h 05m de cierto día, hora que se acepta con HML aproximado del cruce; se puede determinar que su ocaso será alrededor de las 22 h; de donde se deduce que para obtener las horas entre las cuales hay obscuridad, se debe calcular la hora del ocaso de la luna y el comienzo de la aurora del otro día.

En cambio, si la luna lo cruzara a las 11:00, se debería calcular el término del crepúsculo y el orto de la luna del día siguiente.

En caso de dudas sobre el lapso que habrá obscuridad; es conveniente hacer un diagrama, donde se marque las horas en que se producen el ocaso sol, fin del crepúsculo, el comienzo de la aurora, orto sol, ocaso luna y orto luna.

Con ello se determina gráficamente el sector oscuro.

d.- Comentario final

Para el cálculo del Diagrama de Luz y Oscuridad, se debe tener presente:

- 1) Los datos del Almanaque Náutico, es decir la Hml para cada uno de los fenómenos del sol y de la luna, son aproximados al minuto.
- 2) Cuando el DLO se calcula para una determinada navegación, en que las posiciones del orto y ocaso para el sol y la luna son estimadas y diferentes, la latitud y longitud se deben emplear hasta el minuto de grado.
- 3) Lo anterior implica que el navegante no debe perder el tiempo en efectuar el cálculo al segundo ($Co \times lat$, $co \times G$ y Ge), ya que no tiene ningún sentido hacerlo por los errores ya introducidos. Eventualmente se podría considerar la décima de minuto, para aquellos casos que se tenga una posición precisa.
- 4) Los datos del almanaque náutico son para un observado en alta mar, sin interferencias de costa o cerros. De ser necesario determinar un diagrama de luz y obscuridad en tierra, se debe considerar la topografía del lugar, que no es propósito de este cálculo.

4.- IDENTIFICACIÓN DE ASTRO

a.- IDENTIFICAR ESTRELLA POR IDENTIFICADOR H.O. 2102 D.

- 1) Determinar HmGr para el momento de la observación.
- 2) Con la HmGr y fecha determinar la AHGr γ por A.N.
- 3) Calcular $AHL\gamma = AHGr\gamma + Ge$ (GE (+) GW (-))
- 4) Colocar en el disco estelar, el celuloide correspondiente a la latitud, teniendo cuidado que ambos pertenezcan al hemisferio del observado. (norte o sur)
- 5) Hacer coincidir el vertical principal (flecha) con el AHL γ calculado en el paso anterior.
- 6) Para identificar la estrella, se localiza la intersección en el celuloide, del vertical del astro de acuerdo a su azimut con el paralelo de la altura verdadera observada y, bajo esta intersección, en el disco estelar, estará la estrella observada. Si no lo hubiera, indica que es un planeta, cuyas coordenadas pueden obtenerse con ayuda del celuloide rojo.

b.- PREPARAR UN DIAGRAMA ESTELAR CON IDENTIFICADOR H.O. 2102 D.

- 1) Determinar HmGr para el momento de la observación.
- 2) Con la HmGr y fecha determinar la AHGr γ por A.N.
- 3) Calcular $AHL\gamma = AHGr\gamma + Ge$ (GE (+) GW (-))
- 4) Colocar en el disco estelar, el celuloide correspondiente a la latitud, teniendo cuidado que ambos pertenezcan al hemisferio del observado. (norte o sur)
- 5) Hacer coincidir el vertical principal (flecha) con el AHL γ calculado en el paso anterior.
- 6) Las curvas indicarán el Azimut de los astros ubicados en el disco estelar y, las Alturas aproximadas se obtienen de los círculos concéntricos paralelos al zenit.

c.- PLOTEAR ASTROS QUE NO ESTEN EN EL IDENTIFICADOR H.O.2102 D.

- 1) Obtener del A.N. la Declinación y Ascensión Recta del Astro ($AR = 360^\circ - AHS$; o bien $AHGr - AHGr$ astro, sumándole 360° al $AHGr$ si fuera necesario restar). Tómese ambos elementos para la $HmGr = 00h$.
- 2) Coloque sobre el disco estelar, el celuloide rojo, verificando que el lado del disco y del celuloide corresponda al hemisferio del observador, Norte o Sur.
- 3) Hacer coincidir el Meridiano "Cero (0)" (flecha) con la graduación correspondiente a la AR en el disco estelar.
- 4) Plotear el astro en el meridiano "Cero (0)" utilizando la declinación en la escala radial para declinaciones:
 - "Hacia el centro cuando L y D son de igual signo.
 - "Hacia el afuera del centro cuando L y D son de distinto signo.

d.- IDENTIFICACIÓN POR CALCULADORA

Datos: Altura (Av), Azimut (Az) de un astro y la latitud estimada (L) y Longitud estimada (G):

$$\text{sen } D = \text{sen } L \times \text{sen } Av + \cos L \times \cos Av \times \cos Azv$$

Latitud N es positiva (+) y la latitud S es (-). El Azv se entra sin reducción alguna. Declinación (D) con signo positivo si es N y negativo si es S. El ángulo al polo se calcula por la fórmula:

$$\cos P = \frac{\text{sen } Av - \text{sen } L \times \text{sen } D}{\cos L \times \cos D}$$

Habiéndose obtenido el valor de P y conociendo el valor del $AHGr$ con la hora de la observación, se determina el valor del AHS del astro.

Con los valores de AHS y D se entra al Almanaque Náutico y se hace la identificación.

Hzi = _____ (Fecha)
Zh = _____
Hmgr = _____ (Fecha)
AhGr γ = _____ (del A.N.)
c x min = _____
AhGr γ c = _____
G = _____ (Dato)
P = _____ (De la fórmula. W se suma (+); E se resta (-))
AhGr = _____
AhGr γ c = _____ (resta)
AHS = _____
D = _____

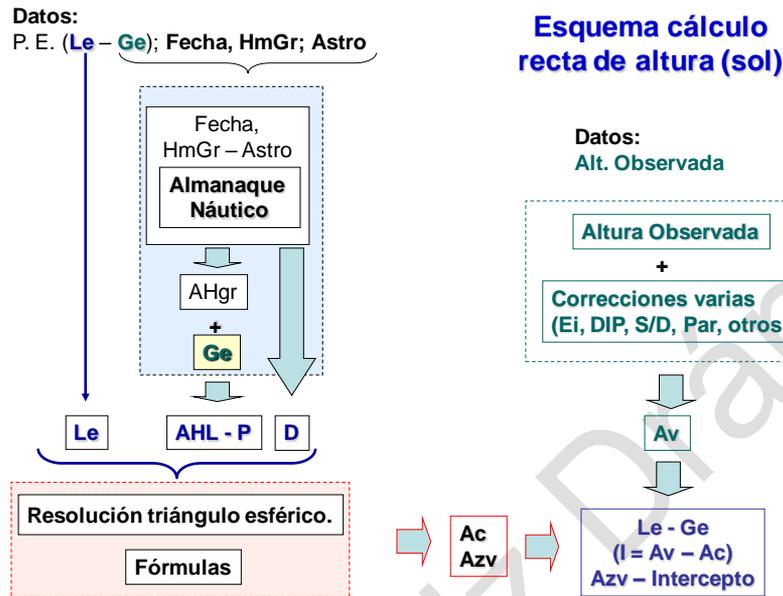
Con los valores de AHS y D se entra al Almanaque Náutico en el año y día correspondiente y se hace la identificación.

5.- CÁLCULO DE AZIMUT E INTERCEPTO

a.- ESTRUCTURA DE CÁLCULO

En siguiente cuadro se muestra la estructura general del cálculo de recta de altura (para este caso del sol) que se explica en los párrafos siguientes:

Parte I: Determinación Altura calculada (Ac) y Azimut Verdadero (Az) (24.-)
 Parte I: Determinación Altura Verdadera (Av) (25.-)
 Parte III: Determinación Intercepto (I) (26.-)



b.- CÁLCULO DEL ANGULO HORARIO LOCAL (AHL), ANGULO AL POLO (P) Y DECLINACIÓN (D)

1) Del SOL

Datos: Le y Ge, Fecha, Hzl, Z, Hcp, cp y Ea

| | | | | | |
|----------------------|---|-----------------------|-------------------|---|-------------------|
| Hcp | = | _____ | Hzl | = | _____ |
| + cp | = | _____ | Zh | = | _____ |
| + Ea | = | _____ | HmGr app | = | _____ (fecha) |
| HmGr | = | _____ (fecha) | | | |
| AHGr _☉ | = | _____ (1) | D _☉ | = | _____ (1) N o S |
| +co x hora | = | _____ (1) | +/- co x d | = | _____ (1) (d = _) |
| AHGr _☉ co | = | _____ | D _☉ co | = | _____ N o S |
| G | = | _____ ((+Ge) o (-Gw)) | | | |
| AHL _☉ | = | _____ | | | |
| P _☉ | = | _____ (2) E o W | | | |

2) Del PLANETAS

Datos: Nombre planeta, Le y Ge, Fecha, Hzl, Z, Hcp, cp y Ea

| | | | | | |
|----------------------|---|-----------------------|-------------------|---|-------------------|
| Hcp | = | _____ | Hzl | = | _____ |
| + cp | = | _____ | Zh | = | _____ |
| + Ea | = | _____ | HmGr app | = | _____ (fecha) |
| HmGr | = | _____ (fecha) | | | |
| AHGr _* | = | _____ (1) | D _* | = | _____ (1) N o S |
| +co x hora | = | _____ (1) | +/- co x d | = | _____ (1) (d = _) |
| +co x v | = | _____ (1) | D _* co | = | _____ N o S |
| AHGr _* co | = | _____ | | | |
| G | = | _____ ((+Ge) o (-Gw)) | | | |
| AHL _* | = | _____ | | | |
| P _* | = | _____ (2) E o W | | | |

3) De ESTRELLAS

Datos: Nombre estrella, Le y Ge, Fecha, Hzl, Z, Hcp, cp y Ea

| | | | | | |
|------------------|---|---|-----------|---|-----------------|
| Hcp | = | _____ | Hzl | = | _____ |
| + cp | = | _____ | Zh | = | _____ |
| + Ea | = | _____ | HmGr app | = | _____ (fecha) |
| HmGr | = | _____ (fecha) | | | |
| | | | | | |
| AHGr γ | = | _____ (1) | D \star | = | _____ (1) N o S |
| +co x hora | = | _____ (1) | | | |
| AHGr γ co | = | _____ | | | |
| + AHS \star | = | _____ (1) | | | |
| AHGr \star co | = | _____ | | | |
| - 360° | = | _____ (se resta 360° si AHGr \star co > 360°) | | | |
| AHGr \star co | = | _____ (1) | | | |
| G | = | _____ ((+Ge) o (-Gw)) | | | |
| AHL \star | = | _____ | | | |
| P \star | = | _____ (2) E o W | | | |

4) De la Luna

Datos: Le y Ge, Fecha, Hzl, Z, Hcp, cp y Ea

| | | | | | |
|------------------|---|-----------------------|---------------|---|------------------|
| Hcp | = | _____ | Hzl | = | _____ |
| + cp | = | _____ | Zh | = | _____ |
| + Ea | = | _____ | HmGr app | = | _____ (fecha) |
| HmGr | = | _____ (fecha) | | | |
| | | | | | |
| AHGr γ | = | _____ (1) | D γ | = | _____ (1) N o S |
| +co x hora | = | _____ (1) | +/- co x d | = | _____ (1) (d =_) |
| +co x v | = | _____ (1) | D γ co | = | _____ N o S |
| AHGr γ co | = | _____ | | | |
| G | = | _____ ((+Ge) o (-Gw)) | | | |
| AHL γ | = | _____ | | | |
| P γ | = | _____ (2) E o W | | | |

- (1) Del Almanaque Náutico
- (2) Cuando AHL < 180° entonces Pw = AHL
Cuando AHL > 180° entonces Pe = 360° - AHL
- (3) "Zh" se aplica con su signo.

c.- CÁLCULO DE ALTURA CALCULADA (Ac) Y AZIMUT VERDADERO (Azv)

1) Cálculo Ac:

$$\sin (Ac) = \sin (Le) \times \sin (D) + \cos (Le) \times \cos (D) \times \cos (AHL)$$

Signos de la latitud y declinación. S y W negativos (-), N y E positivo (+).

2) Cálculo Azv:

Existen varias fórmulas para determinar el azimut (Az) de un astro.

Fórmula N° 1

Método de la tangente de la mitad del ángulo. Se recomienda para evitar la ambigüedades de los resultados producto de los signos.

Signos de la latitud y declinación. S y W negativos (-), N y E positivo (+).

Si su valor resulta negativo, sumar 360°.

Previamente calcular la Ac. La fórmula es la siguiente:

$$Azv = 2 \times \arctan \left[\frac{-\cos L \times \cos D \times \text{sen AHL}}{(\cos (Ac + Le) + \text{sen D})} \right]$$

Fórmula N° 2

Si Ac no se conoce, al Angulo al Zenit (Z) se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$Z = \arctan \left(\frac{\text{sen AHL}}{(\cos L \times \text{tg D}) - (\text{sen L} \times \cos AHL)} \right)$$

Latitud siempre positiva (+)

Declinación negativa (-) cuando signos Latitud y declinación distintos.

Declinación positiva (+) cuando signos Latitud y declinación iguales.

Si el AHL es mayor de 180°, su valor se considera negativo (-)

Si $Z < 0$ sumar 180°

Los signos de Z:

- N o S según signo de la latitud.
- Si $AHL < 180$ signo W, si $AHL > 180$ signo E.

Transformar de cuadrantal a grados

NE, queda en la misma forma, pero sin denominación

SE, se resta de 180°

SW, se le suma 180°

NW, se le resta de 360°

Fórmula N° 3

La fórmula más simple para el cálculo del ángulo al zenit esta dad por la Ley de los senos:

$$\text{sen Z} = \frac{\cos D \times \text{sen AHL}}{\cos Av}$$

Esta fórmula ofrece una rápida solución para Z, no da una indicación en qué cuadrante se encuentra el astro. cuando se usa esta fórmula es fundamental el determinar el cuadrante, con el objeto de efectuar posteriormente la conversión apropiada del Azv.

Cuando el AHL es mayor de 180° se sabe que el astro se encuentra al este del meridiano; en este caso, el Z deberá resultar procesado con un signo menos (-), indicando que se encuentra hacia el este.

A veces, el astro se encuentra próximo al vertical primario, siendo el Azv cercano a 090° o 270°, dejando la duda si Z se encuentra desde el N o S.

En este caso, la duda puede ser resuelta determinando si el astro ha cruzado o no el vertical primario. esto puede ser fácilmente determinado. La altura en el vertical primario se determina por la fórmula:

$$\text{sen Av} = \frac{\text{sen D}}{\text{sen L}}$$

Si $Aobs > A$ en el vertical primario, en latitud N el astro estará al S del vertical primario, y Z tendrá el prefijo "S".

3) Uso calculadora

Es conveniente usar la calculadora CASIO que tenga las funciones científicas y las memoria A, B, C entre otras.

Procedimiento:

Escribir el ángulo (signo, grados y minutos) (-23° 16') o ((signo, grados, minutos, segundos) (-23° 16' 12")

Guardar en A (SHIFT STO A) (Ejemplo Latitud)
 Guardar en B (SHIFT STO B) (Ejemplo Declinación)
 Guardar en C (SHIFT STO C) (Ejemplo AHL)
 Guardar en D (SHIFT STO D) (Ejemplo Ac)

Para obtener los datos guardados en memoria: RCL A, RCL B, etc.
 Verificar que datos estén bien ingresados. La fórmula quedaría:

$$\text{sen}(Ac) = \text{sen}(A) \times \text{sen}(B) + \text{cos}(A) \times \text{cos}(B) \times \text{cos}(C)$$

d.- CORRECCIONES DE ALTURAS EN LA MAR

Disposición de cálculo

| | Sol (limbo) | | Planeta | Estrella | Luna (limbo) | |
|---------------------|-------------|----------|---------|----------|--------------|----------|
| | Inferior | superior | | | Inferior | superior |
| Ai | | | | | | |
| +/- Ei | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) | (1) |
| Ao | | | | | | |
| - Dip | (2) | (2) | (2) | (2) | (2) | (2) |
| Aap | | | | | | |
| CT | | | | | | |
| Av | | | | | | |
| Correcciones | | | | | | |
| Co x SD, P y Ref | (3) | (3) | (3) | (3) | (5) | (5) |
| Co x T°/ Presión | (4) | (4) | (4) | (4) | (4) | (4) |
| Co adicionales | | | (3a) | | (5) | (5) |
| -30' | | | | | | -30' |
| CT | | | | | | |

Ai = Altura instrumental, Altura medida por el sextante.
 Ao = Altura observada
 Aap = Altura aparente
 CT = Corrección total

(1) Ei = Error de índice, debe determinarse para cada uno de las observaciones.

(2) DIP= Del A.N., entrando con la elevación del ojo (Eo).
 $Dip = 1.789 \times \sqrt{h}$ (h en metros, resultado en minutos)

(3) Corrección por semidiámetro (SD), paralaje (P) y refracción estándar (Ref): Se obtienen del A.N. para el sol, estrellas y planetas en las páginas iniciales del Almanaque A₂ y A₃, y para la Luna en las páginas finales. Para el sol, la corrección incluye los efectos de semidiámetro, paralaje y refracción media y viene tabulada para dos períodos del año; tanto para el limbo inferior como el superior. Para las estrellas y planetas, la corrección considera el efecto de la refracción media y se encuentra adyacente a la del Sol.

(3a) Corrección adicional para Marte y Venus se encuentra en la Tabla A₂ es función de la dimensión del planeta, de la época del año y de su altura aparente.

(4) Corrección por temperatura y presión se obtienen del A.N. de la tabla A4 Esta corrección es necesaria debido a las variaciones de la refracción por cambios en la presión y temperatura con respecto a las condiciones normales. La refracción media está calculada para una temperatura de 10 °C (50 °F) y una presión de 1010 hectopascales (29,83 pulgadas). Esta corrección afecta a todos los astros. Muchas veces se puede omitir esta corrección.

(5) Correcciones adicionales para la luna por semidiámetro (SD), paralaje (P) y refracción media (Ref) para la Luna, están en dos partes al final del A.N. en las páginas xxxiv y xxxv.

La 1er corrección se toma de la parte superior de la tabla, usando como argumento la altura aparente (Aap) y la segunda en la parte inferior con el argumento Paralaje Horizontal (Ph.), para la HmGr y fecha de la observación, y en la misma columna que se obtuvo la corrección.

La 2da. corrección está separada, según el limbo que se observó: "L" (Limbo inferior), "U" (Limbo Superior). Esta corrección es siempre positiva, pero hay que restarle 30', cuando la observación es con el limbo superior

e.- CÁLCULO DE INTERCEPTO Y AZIMUT PARA RECTAS DE ASTROS

Av = _____ (Obtenido del párrafo 26.-)

Ac = _____ (Obtenido del párrafo 25.-)

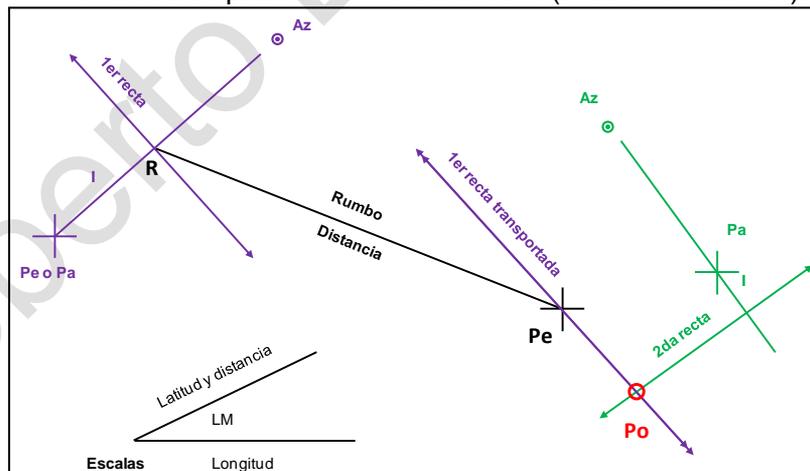
I = _____ (Resultado en minutos)

Azv = _____ (Obtenido del párrafo 25.-)

6.- SITUACION POR DOS RECTAS CON INTERVALO NAVEGADO.

Por carta náutica o carta plotting

- Situar en la carta el punto correspondiente a la Latitud (L) y Longitud (G) que se empleó en el cálculo de la primera recta. (Punto estimado (Pe) o punto adoptado (Pa))
- Desde el punto anterior, valiéndose del azimut (Azv) y el Intercepto (I) trazar la primera recta de posición.
- Desde el punto "R", trazar la estima hacia el momento de la segunda observación determinando el Pe (Punto estimado).
- Transportar la primera recta hacia el Pe recién determinado.
- Desde este Pe o el punto empleado para calcular la segunda recta, trazar ésta y, donde se cortan con la primera recta dará el Po (Punto Observado).



7.- CÁLCULOS ESPECIALES

a.- CÁLCULO HORA PASO SOL POR MERIDIANO DEL LUGAR METODO ECUACIÓN DEL TIEMPO

Datos: Le y Ge - Hzl - Z - Rv - Velocidad - fecha

Este cálculo permite saber la hora de la meridiana y por ende la declinación del sol

1er. aproximación

HvI = 12h 00m 00s

Ge = _____ (- Ge) o (+ Gw)

HvGr = _____

$$\begin{aligned}
 Et &= \underline{\hspace{2cm}} && (\text{del A.N.; cambia signo})(1) \\
 HmGr &= \underline{\hspace{2cm}} \\
 Zh &= \underline{\hspace{2cm}} && (\text{Cambio signo}) \\
 Hzl \text{ Meridiana} &= \underline{\hspace{2cm}} \\
 \\
 Hzl &= \underline{\hspace{2cm}} && (\text{correspondiente al Pe}) \\
 - Hzl \text{ Meridiana} &= \underline{\hspace{2cm}} \\
 \\
 Tiempo &= \underline{\hspace{2cm}} \\
 Velocidad &= \underline{\hspace{2cm}} \\
 Distancia &= \underline{\hspace{2cm}} \text{ Tiempo (horas) x Velocidad (nudos)}
 \end{aligned}$$

Cálculo del punto estimado a la meridiana.

Por tabla de estima cuando hay más de un cambio de rumbo o directamente con las fórmulas de estima.

$$\begin{aligned}
 l &= D \times \cos Rv && (D \text{ en millas}) (Rv \text{ entre la } 1^\circ \text{ estima y la meridiana}) \\
 L_{em} &= Le + l && (L_{em}: \text{ Latitud estimada meridiana}) \\
 LM &= (Le + L_{em})/2 && (LM: \text{ Latitud media}) \\
 Ap &= D \times \sin Rv && (D \text{ en millas}) \\
 g &= Ap / \cos LM && (g \text{ en minutos}) \\
 G_{em} &= Ge + g && (G_{em}: \text{ Longitud estimada meridiana, grados y minutos})
 \end{aligned}$$

2da. aproximación

$$\begin{aligned}
 Hvl &= 12h \ 00m \ 00s \\
 Ge &= \underline{\hspace{2cm}} && (- G_e) \text{ o } (+ G_w) \\
 HvGr &= \underline{\hspace{2cm}} \\
 Et &= \underline{\hspace{2cm}} && (\text{del A.N.; cambia signo}) (1) \\
 HmGr &= \underline{\hspace{2cm}} \\
 Zh &= \underline{\hspace{2cm}} && (\text{Cambio signo}) \\
 Hzl \text{ Meridiana} &= \underline{\hspace{2cm}}
 \end{aligned}$$

(1) El signo de la Ecuación del tiempo (Et) del A.N. se deduce de la siguiente manera:
Si el paso del meridiano es mayor de 12h 00m 00s la Et es negativa (-) y si es menor la Et es positiva (+).

b.- CÁLCULO DE LA LATITUD POR MERIDIANA DE SOL

Datos: Fecha, Lem y Gem, Ai, Ei y Eo.

$$\begin{aligned}
 Hvl &= 12h \ 00m \ 00s \\
 Ge &= \underline{\hspace{2cm}} && (- G_e) \text{ o } (+ G_w) \\
 HvGr &= \underline{\hspace{2cm}} \\
 Et &= \underline{\hspace{2cm}} && (\text{del A.N.; cambia signo}) (1) \\
 HmGr &= \underline{\hspace{2cm}}
 \end{aligned}$$

(1) El signo de la Ecuación del tiempo (Et) del A.N. se deduce de la siguiente manera:
Si el paso del meridiano es mayor de 12h 00m 00s la Et es negativa (-) y si es menor la Et es positiva (+).

$$\begin{aligned}
 D_{\odot} &= \underline{\hspace{2cm}} \text{ N o S} && (\text{del A.N.}) \\
 +/- \text{ co x d} &= \underline{\hspace{2cm}} && (\text{del A.N.}) \\
 D_{\odot} \text{ co} &= \underline{\hspace{2cm}} \text{ N o S} \\
 \\
 Ai_{\odot} &= \underline{\hspace{2cm}} \\
 Ei &= \underline{\hspace{2cm}} \\
 Ao_{\odot} &= \underline{\hspace{2cm}} \\
 Dip &= \underline{\hspace{2cm}} \\
 Aap_{\odot} &= \underline{\hspace{2cm}} \\
 CT &= \underline{\hspace{2cm}}
 \end{aligned}$$

Av_{\odot} = _____
 90° = _____
 Dz = _____ (1)
 $D_{\odot}co$ = _____ (N o S)
 Lo = _____ (2) (N o S)

- (1) $Dz = 90^{\circ} - Av_{\odot}$ y pese a que conceptualmente la Dz no tiene signo, para efectos prácticas se le asigna Sur o Norte, según que la espalda del observador quede hacia el N o S respectivamente en el momento del observador.
- (2) $Lo = Dz + D_{\odot}co$ cuando son del mismo signo.
 $Lo = Dz - D_{\odot}co$ cuando son del signo contrario, y toma el signo del mayor.

c.- CÁLCULO DE LA LATITUD POR CIRCUNMERIDIANA DE SOL

Datos: L_e y G_e , Fecha, H_{zl} , Z , H_{cp} , cp y E_a

Para calcular una circunmeridiana, la altura del sol debe estar entre 6° y 86° , que la latitud no sea mayor de 60° y que la declinación no sea mayor de 63° .

H_{cp} = _____ H_{zl} = _____
 $+ cp$ = _____ Z_h = _____
 $+ E_a$ = _____ H_{mGr} app = _____ (fecha)
 H_{mGr} = _____ (fecha)

$AH_{Gr_{\odot}}$ = _____ (1) D_{\odot} = _____ (1) N o S
 $+co \times hora$ = _____ (1) $+/- co \times d$ = _____ (1)
 $AH_{Gr_{\odot} co}$ = _____ $D_{\odot} co$ = _____ N/S
 G_e = _____ (($+G_e$) o ($-G_w$))
 AHL_{\odot} = _____
 P_{\odot} = _____ (2) E o W
 $D_{\odot} co$ = _____ (N o S)
 Le = _____ (N o S)

La altura meridiana (A_m) en función de la circunmeridiana (A_{cm}) viene dada por la expresión:

$$A_m = A_{cm} + \alpha P^2$$

" α " = Diferencia entre la altura meridiana y la altura que tiene el astro al ser el ángulo en el polo igual a un minuto

"P" = Ángulo en el polo

Cálculo de α :

$$\alpha = \frac{1,9635 \times \cos Le \times \cos D}{\text{sen}(Le - D)} \quad (\text{sur } (-); \text{ norte } (+))$$

Cálculo de αP^2

Se puede emplear una de las dos fórmulas:

$$\alpha P^2 = \frac{\alpha \times P^2}{60} \quad (P \text{ en minutos})$$

$$\alpha P^2 = \frac{4 \times \alpha \times P^2}{15} \quad (P \text{ en Grados, aconsejable})$$

El valor obtenido (αP^2) se le suma como corrección a la altura observada para obtener el valor de la altura en la meridiana.

Ai_{\odot} = _____
 Ei = _____
 Ao_{\odot} = _____
 Dip = _____
 Aap_{\odot} = _____

CT = _____
 Av cm_⊙ = _____
 αP² = _____
 Av m = _____
 90° = 89° 60'
 Dz = _____ (3)
 D_⊙co = _____ (N o S)
 Lo = _____ (4) (5) (N o S)

- (1) Del Almanaque Náutico
- (2) Cuando AHL < 180° entonces Pw = AHL
 Cuando AHL > 180° entonces Pe = 360° - AHL
- (3) Dz = 90° - Av_⊙ y pese a que conceptualmente la Dz no tiene signo, para efectos prácticos se le asigna Sur o Norte, según que la espalda del observador quede hacia el N o S respectivamente en el momento del observador.
- (4) Lo = Dz + D_⊙co cuando son del mismo signo.
 Lo = Dz - D_⊙co cuando son del signo contrario, y toma el signo del mayor.
- (5) De esta altura meridiana se deduce la latitud que "corresponde a la hora de la circunmeridiana y en el lugar de la observación"; la declinación hay que tomarla a la hora de la observación.

d.- LATITUD POR LA ESTRELLA POLAR

La estrella Polar (segunda magnitud) se encuentra muy cerca del Polo Norte, en que su declinación es cercana a las 89° N, es decir su distancia Polar (Δ) es alrededor de 1° (60 millas).

El A.N. tiene tres tablas: Ao, A1 y A2 que contienen las correcciones que se deben hacer a la altura verdadera.

Con el objeto que las correcciones anteriores sean todas positivas, las Tablas mencionadas están construidas de tal manera que a la altura verdadera se le resta previamente "un grado".

| | |
|---|------------------|
| Hcp = _____ | Hzi = _____ |
| + cp = _____ | Zh = _____ |
| + Ea = _____ | HmGr app = _____ |
| (fecha) | |
| HmGr = _____ (fecha) | |
| AHGr γ = _____ (del A.N.) | |
| +co x hora = _____ (del A.N.) | |
| AHGr γ co = _____ | |
| G = _____ ((+G _e) o (-G _w)) | |
| AHL* = _____ | |
| Av _⊙ = _____ | |
| 90° = _____ | |
| Dz = _____ (1) | |
| Ai* = _____ | |
| Ei = _____ | |
| Ao* = _____ | |
| Dip = _____ | |
| Aap* = _____ | |
| CT = _____ | |
| Av* = _____ | |
| -1° = _____ | |
| Av* co = _____ | |
| Ao = _____ (del A.N.) | |

A1 = _____ (del A.N.)
A2 = _____ (del A.N.)
Lo = _____ (N o S)

e.- SITUACIÓN POR OBSERVACIONES DE CIRCUNZENTAL DEL SOL

Para este cálculo es necesario que las tres alturas a observar tengan una altura al sol mayor de 88° 30', para que la Distancia Zenital (Dz) quede bajo las 90 millas.

Hcp = _____ Hzi = _____
+ cp = _____ Zh = _____
+ Ea = _____ HmGr app = _____ (fecha)
HmGr = _____ (fecha)

AHGr_☉ = _____ (del A.N.)
+co x hora = _____ (del A.N.)
AHGr_☉ co = _____ (1) = G (PG)

D_☉ = _____ N o S
c x d = _____ (d = __)
D_☉ co = _____ (2) N o S = L(P.G.) = _____

Ai_☉ = _____
Ei = _____
Ao_☉ = _____
Dip = _____
Aap_☉ = _____
CT = _____
Av* = _____
-90° = 89° 60'
Dz_☉ = _____

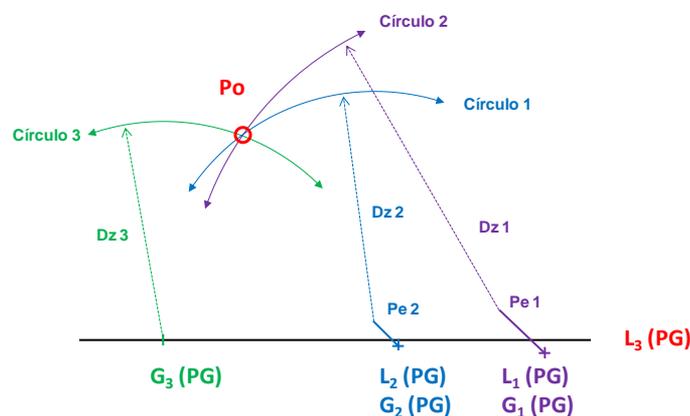
- (1) El AHGr_☉ co es igual a la "G" de la posición geográfica (G₁(P.G.); G₂(P.G.); G₃(P.G.))
- (2) La D_☉ co es igual a la "L" de la posición geográfica (L (P.G.))

Si la observación fue con intervalo navegado entre ellas; se calcula lo que se navegó entre la 1° y la 3° observación (Pe 1) y entre la 2° y la 3° (Pe 2), con el objeto de transportar los círculos al momento de la última.

Los círculos de altura se trazan desde el punto estimado (Pe 1 y Pe 2) el de L. (P.G.) y (G2 (P.G.) considerando un radio correspondiente a las distancias Zenital (Dz 1, Dz 2 y Dz 3) respectivamente

El trazado puede hacerse en la misma carta, en una carta plotting, en una rosa de maniobras o en un papel milimetrado.

Gráfico



Forma de hacer el trabajo en la carta.

1. Se sitúan las posiciones geográficas para cada observación (L_1 (P.G.) - G_1 (P.G.); L_2 (P.G.) - G_2 (P.G.); L_3 (P.G.) - G_3 (P.G.)). En muchas ocasiones las latitudes de los P.G. será prácticamente la misma. En ese caso todas las longitudes de las P.G. estarán en el mismo paralelo (L_3 (P.G.)).
2. Por los respectivos P.G. se traza el rumbo navegado.
3. Sobre el rumbo trazado desde el 1° P.G. se marca el intervalo navegado entre la 1° y la 3° observación y haciendo centro en este punto (Pe 1) con un radio correspondiente a la Dzv de la 1° observación se traza el círculo de posición 1.
4. Sobre el rumbo trazado desde el 2° P.G. se marca el intervalo navegado entre la 2° y la 3° observación y haciendo centro en este punto (Pe 2) con un radio correspondiente a la Dzv de la 2° observación se traza el círculo de posición 2.
5. Haciendo centro en la 3° P.G. con una un radio igual a la Dzv de la 3° observación se traza el círculo de posición 3.
6. La intersección de los tres círculos de posición fijarán la posición de la nave y que corresponderá a la hora que se observó la última altura.

f.- DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD POR OBSERVACIÓN A AMBOS LADOS DEL MERIDIANO.

1. Si un observador estacionario observa un astro, de declinación constante, anotando la hora exacta cuando tenga una cierta altura al "Este" del Meridiano y vuelve hacerlo cuando tiene la misma altura "Weste" del meridiano, la Media de estas dos horas será la que corresponde cuando el astro cruza el meridiano.
2. Con la hora así obtenida puede observarse la HmGr del suceso.
3. Si el astro es el sol, se puede determinar la "longitud" en el momento de la meridiana, puesto que la meridiana se produce a las 12 horas verdaderas del lugar, la que se puede convertir en Hml mediante la ecuación del tiempo.
4. Estableciendo la diferencia entre la HmGr y la Hml se obtendrá la "Longitud"
5. Tener presente que:
 - La altura del astro varía en forma apreciable cuando está lejos del meridiano.
 - Altura verdadera menor no sea menor de 65°.
 - Angulo al Zenit (Z) no debe ser mayor de 20°.
 - Angulo al Polo (P) no debe ser mayor de 10° E. (40 minutos).
 - Emplear el mismo sextante.
 - Para ambas observaciones emplear la misma elevación del ojo (Eo).

Cálculo de la Longitud (G) por observación a ambos lados del meridiano por alturas iguales.

| | | | | | |
|----------|---|----------------------|----------|---|---------------|
| Hcr AM | = | _____ | | | |
| Hcr PM | = | _____ | | | |
| Suma | = | _____ | | | |
| Hcr m | = | _____ | Hzi | = | _____ |
| Ea | = | _____ | Zh | = | _____ |
| HmGr | = | _____ (fecha) | HmGr app | = | _____ (fecha) |
| Hvl | = | 12h 00m 00s | | | |
| Et | = | _____ (Cambio signo) | | | |
| Hml | = | _____ | | | |
| HmGr | = | _____ | | | |
| Go | = | _____ (en tiempo) | | | |
| Go x 15° | = | _____ (en grados) | | | |

g.- CÁLCULO DEL ERROR EL GIROCOMPÁS Y DESVÍO POR AZIMUT A UN ASTRO.

Cálculo del error del girocompás:

Del SOL

Para el cálculo de error del girocompás y desvío por azimut a una estrella, planeta o luna solo cambia la disposición de cálculo para determinar el AHL y la declinación.

Datos: Le y Ge, Fecha, Hzl, Z, Hcp, cp, Ea, Azg y Azc.

| | | | |
|----------------------|--|-------------------|---|
| Hcp | = _____ | Hzl | = _____ |
| + cp | = _____ | Zh | = _____ |
| + Ea | = _____ | HmGr app | = _____ |
| (fecha) | | | <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u> <u> </u> |
| HmGr | = _____ (fecha) | | |
| | | | |
| AHGr _o | = _____ | D _o | = _____ N o S |
| +co x hora | = _____ | +/- co x d | = _____ (d = __) |
| AHGr _o co | = _____ | D _o co | = _____ N o S |
| Ge | = _____ ((+G _e) o (-G _w)) | | |
| AHL _o | = _____ (C) | | |
| D _o co | = _____ (B) N o S | | |
| Le | = _____ (A) ((+L _n) o (-L _s)) | | |
| | | | |
| Z | = _____ (1) | | |
| Azv _o | = _____ (2) | | |
| Azg | = _____ | | |
| Eg | = _____ | | |
| | | | |
| Rg | = _____ | | |
| Eg | = _____ (No cambia signo) | | |
| Rv | = _____ | | |
| Vmg | = _____ (Cambia signo) | | |
| Rmg | = _____ | | |
| Rc | = _____ | | |
| Δ | = _____ | | |

(1) El Angulo al Zenit (Z) se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$Z = \arctan \left(\frac{\text{sen AHL}}{(\cos L \times \tan D) - (\text{sen L} \times \cos AHL)} \right)$$

- Latitud siempre positiva (+)
- Declinación negativa (-) cuando signos Latitud y declinación distintos.
- Declinación positiva (+) cuando signos Latitud y declinación iguales.
- Si el AHL es mayor de 180°, su valor se considera negativo (-)
- Si Z < 0 sumar 180°

Los signos de Z:

- N o S según signo de la latitud.
- Si AHL < 180 signo W, si AHL > 180° signo E.

(2) Transformar de cuadrantal a grados

- NE, queda en la misma forma, pero sin denominación
- SE, se resta de 180°
- SW, se le suma 180°
- NW, se le resta de 360°

Como alternativa por el cálculo del Azv, es posible puede emplear la fórmula de la tangente del ángulo medio. Para ello es necesario calcular la Av con la fórmula del coseno de los lados explicada anteriormente.

h.- CÁLCULO DEL ERROR EL GIROCOMPÁS Y DESVÍO POR AMPLITUD DE SOL.

La observación se efectúa al orto u ocaso del sol pudiendo ser cuando el sol se encuentre en el horizonte celeste o en la horizonte visible.

Demarcar el sol en el instante del orto u ocaso "verdadero", es difícil en la mar. En la práctica se prefiere demarcarlo cuando el centro del sol cruza el horizonte del mar.

Para ello habrá que efectuar una corrección al cálculo.

Datos: Le y Ge, Fecha, Hzl, Z, Azg.

H_{zl} = _____
 Z_h = _____
 HmGr app = _____ (fecha)

D_☉ = _____ N o S
 +/- co x d = _____ (d = __)
 D_☉ co = _____ N o S

Amp_☉ = _____ (1) (en Horizonte celeste)
 Azv_☉ = _____ (2)

Azg = _____ (Horizonte Visible)
 Co = _____ (3) (Orto (Ln (-) Ls(+));(Ocaso (Ln (+) Ls(-))
 Azg = _____ (Horizonte verdadero)

Azv_☉ = _____ (Horizonte verdadero)
 Azg = _____ (Horizonte verdadero)
 Eg = _____ (Horizonte verdadero)

R_g = _____
 E_g = _____ (No cambia signo)
 R_v = _____
 V_{mg} = _____ (Cambia signo)
 R_{mg} = _____
 R_c = _____
 Δ = _____

(1) La Amplitud (Amp) cuando el sol se encuentra en el horizonte verdadero o celeste se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\text{sen Amp} = \frac{\text{Sen } D}{\text{Cos } L}$$

Latitud (L) y Declinación (D) en valor absoluto.

Signos de la Amplitud (Amp)

Prefijo "E" si el astro está en el orto y "W" si está al ocaso.
 Sufijo "N" o "S" de acuerdo al signo de la declinación.

Ejemplo: E 20° S

(2) La amplitud calculada se convierte en Azimut (Az)
 EN : Az = 90° - gg°

ES : Az = 90° + gg°
WN : Az = 270° + gg°
WS : Az = 270° - gg°

(3) Para llevar el azimut al sol del observado en el horizonte visible es necesario corregirlo para tener el azimut observado respecto al horizonte verdadero. Ese valor angular se calcula mediante la siguiente formula, en que la altitud (h) es - 0°42.0'

$$\cos Z = \frac{\text{sen } D - \text{sen } h \times \text{sen } L}{\cos h \times \cos L}$$

Signo de Z

El signo de la corrección depende solo de la latitud del observador.

Orto_o = Para latitud N se resta al Az observado. Latitud Sur se suma al Az

Ocaso_o = Para latitud N se suma al Az observado. Latitud Sur se resta al Az

8.- PUNTO AL MEDIO DIA

a.- PUNTO AL MEDIO DIA POR RECTA AM Y MERIDIANA DE SOL EMPLEANDO LA CARTA O CARTA PLOTTING

- Observar recta AM de sol con Azv mayor de 30°
- Hacer la estima en la carta hasta el momento de la observación con el objeto de obtener el Punto Estimado (Pe) en ese instante.
- Con este Pe y la observación, calcular la recta AM (l y Azv) como sigue.

Cálculo de la Recta AM_o

Datos: Le y Ge, Fecha, Hzl, Z, Hcp, cp y Ea

Hcp = _____ Hzl = _____
+ cp = _____ Zh = _____
+ Ea = _____ HmGr app = _____ (fecha)
HmGr = _____ (fecha)

AHGr_o = _____ D_o = _____ N o S
+co x hora = _____ +/- co x d = _____ (d = ____)
AHGr_o co = _____ D_o co = _____ N o S
G = _____ ((+G_e) o (-G_w))
AHL_o = _____
P_o = _____ (1) E o W
D_o co = _____ N o S
Le = _____ N o S

(1) Cuando AHL < 180° entonces Pw = AHL
Cuando AHL > 180° entonces Pe = 360° - AHL

Cálculo Ac y Azv:

$$\text{sen } (Ac) = \text{sen } (Le) \times \text{sen } (D) + \cos (Le) \times \cos (D) \times \cos (AHL)$$

$$\text{Azv} = 2 \times \arctan \left[\frac{-\cos Le \times \cos D \times \text{sen } AHL}{\cos (Ac + Le) + \text{sen } D} \right]$$

Calcular l y Azv

Ai_o = _____
Ei = _____
Ao_o = _____
Dip = _____
Aap_o = _____

CT = _____
 Av_☉ = _____
 Ac_☉ = _____
 I = _____
 Azv_☉ = _____

- Trazar en la carta desde el Punto Estimado (Pe) o del Adoptado (Pa), según el que se empleó en el cálculo, la recta anteriormente calculada.
- Desde la recta AM situada en la carta, trace los rumbos y distancias navegadas (hacer la estima) hasta el instante de la observación de la meridiana con lo que obtendrá el Punto estimado a mediodía en ese momento (Lem y Gem). Por ese punto se traza la recta AM transportada.
- A la hora exacta de la meridiana tomar la altura del sol y calcular la latitud observada (Lo) en la forma que se indica. Para el cálculo de la hora de la meridiana emplear el método de las dos aproximaciones.

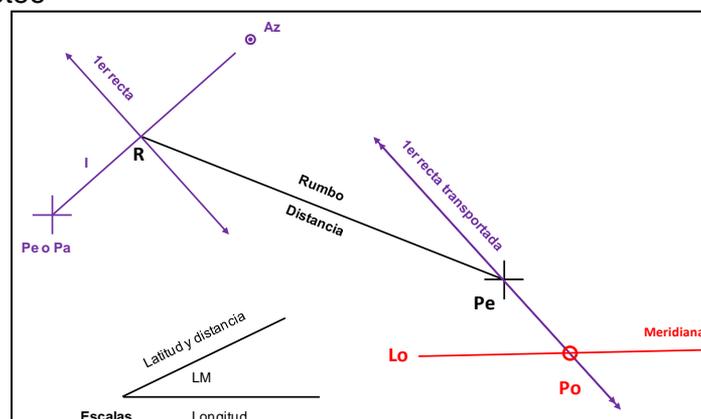
D_☉ = _____ N o S (del A.N.)
 +/- co x d = _____ (del A.N.)
 D_☉ co = _____ N o S

Ai_☉ = _____ Hvl = 12h 00m 00s
 Ei = _____ Gem = _____
 Ao_☉ = _____ HvGr = _____
 Dip = _____ Et = _____ (Cambio
 signo)
 Aap_☉ = _____ HmGr = _____
 CT = _____
 Av_☉ = _____ D_☉ = _____ N o S
 90° = _____ c x d = _____ (d = ____)
 Dz = _____ (1) D_☉ co = _____ N o S
 D_☉co = _____ (N o S)
 Lo = _____ (2) (N o S)

- (1) $Dz = 90^\circ - Av_{\odot}$ y pese a que conceptualmente la Dz no tiene signo, para efectos prácticos se le asigna Sur o Norte, según que la espalda del observador quede hacia el N o S respectivamente en el momento del observador.
- (2) $Lo = Dz + D_{\odot}co$ cuando son del mismo signo.
 $Lo = Dz - D_{\odot}co$ cuando son del signo contrario, y toma el signo del mayor.

- La intersección de la recta AM transportada con el paralelo correspondiente a la latitud observada (Lo) a la meridiana, dará la situación de la nave a mediodía verdadero.

• Ploteo

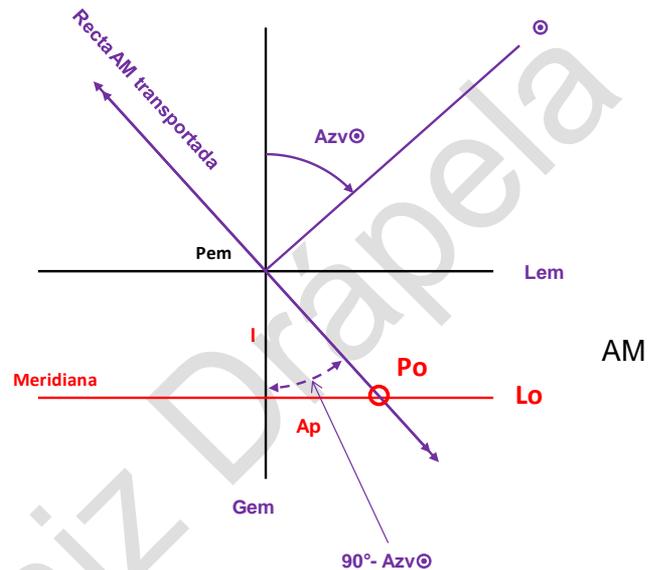


b.- PUNTO AL MEDIO DIA POR RECTA AM Y MERIDIANA DE SOL EMPLEANDO TABLA DE ESTIMA

Se procede de la misma manera que el cálculo anterior es decir:

- Calcular la recta AM (I y Azv) es base al punto estimado o adoptado
- Calcular la hora de la meridiana a esa hora exacta se toma la altura de la meridiana. Para el cálculo de la hora de la meridiana emplear el método de las dos aproximaciones.
- Se hace la estima desde la recta AM, hasta el momento de la observación, considerando además el $Az_{v\odot}$ como rumbo (Rv) y el intercepto como distancia (D). Si este último es negativo considerar el $Az_{v\odot}$ con valor recíproco.
- La estima anterior da el punto estimado al mediodía (L_{em} y G_{em}).
- Conociendo L_{em} y G_{em} , y la altura del sol meridiana, calcular la latitud observada (L_o).
- Gráfico

Se hace un gráfico a mano alzada, representando el Pem (Punto estimado de la meridiana), la recta transportada y la latitud observada.



Mediante las fórmulas de estima calcular longitud en la meridiana (G_o).

$$I = L_o - L_{em}$$

$$g = I / (\tan Azv \times \cos L_e) \quad (1)$$

$$G_o = G_{em} + g$$

El corte de la recta transportada con la L_o da el signo (E o W) de "g". En el caso del gráfico es ESTE.

Resultado = L_o y G_o

(1) Del triángulo de estima se tiene que:

$$\begin{aligned} \tan (90^\circ - Azv) &= Ap / I \\ \cotg (Azv) &= Ap / I \\ Ap &= I / \tan (Azv) \\ g &= Ap / \cos L_{em} \\ g &= I / (\tan Azv \times \cos L_e) \text{ (reemplazando)} \end{aligned}$$

c.- PUNTO POR RECTA AM Y CIRCUNMERIDIANA DE SOL

Una vez determinada la Recta AM (I y Azv), la circunmeridiana del sol y la distancia y el rumbo navegado entre ambas se puede determinar la posición observada (L_o y G_o) empleando los mismos métodos utilizados para el cálculo de Recta AM y meridiana de sol.

- 1.- Empleando la carta o carta plotting
- 2.- Por tabla de estima, gráfico a mano alzada y fórmulas de estima.

d.- CÁLCULO DE POSICION POR COMBINACION DE RECTAS

Toda recta de posición se puede combinar con otra haciendo navegar una a la otra. se puede distinguir entre ellas:

- Recta AM y Meridiana / circunmeridiana de sol
- Recta AM y PM
- Meridiana / Circunmeridiana y PM
- Recta de Sol con recta de luna.
- Recta PM con un recta de estrella / planeta.
- Rectas de estrella, planetas y estrella Polar (Alesio)

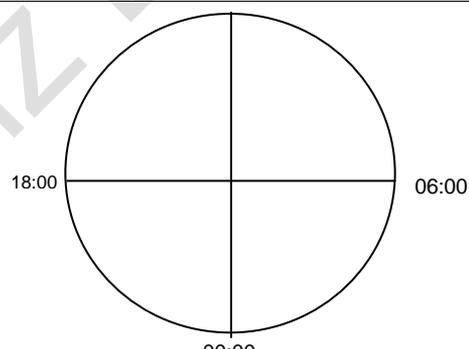
Se debe tener presente que una situación ofrece la mayor seguridad, cuando el corte de las rectas son 90° o próximo a ese valor. Luego el momento ideal para observar una recta será cuando el astro tenga 90° , pues como la meridiana es 0° , las rectas se cortarán en 90° .

En el caso de una recta AM y otra PM, se puede esperar la observación de la PM hasta que la diferencia de Azimut entre una y otra sea 90° .

Roberto Léniz Drápela

PARTE IV "FORMATOS"

FORMATO N° 1
Diagrama de luz y oscuridad

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|------------------------|---|-----------------|------------|--|-----------------|--|-----------|--|---------------|--|--|--|--|
| CÁLCULO DE LUZ Y OSCURIDAD DEL _____ AL _____ DE _____ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pe Ocaso sol | L: _____ | | | | | | | | | | | | | | |
| | G: _____ | | | | | | | | | | | | | | |
| Pe Ocaso luna | L: _____ | | | | | | | | | | | | | | |
| | G: _____ | | | | | | | | | | | | | | |
| Pe Orto sol | L: _____ | | | | | | | | | | | | | | |
| | G: _____ | | | | | | | | | | | | | | |
| Pe Orto luna | L: _____ | | | | | | | | | | | | | | |
| | G: _____ | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ocaso Sol | Fin. Crepúsculo | Com. Aurora | Orto Sol | | | | | | | | | | | |
| Hml | | | | | | | | | | | | | | | |
| c x l | () | () | () | () | | | | | | | | | | | |
| Hml c | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ge | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hmgr | | | | | | | | | | | | | | | |
| Z | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hz | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Ocaso Luna | Orto Luna | <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> 12:00  06:00 </div> | | | | | | | | | | | | |
| Hml | | | | | | | | | | | | | | | |
| c x l | () | () | | | | | | | | | | | | | |
| c x G | () | () | | | | | | | | | | | | | |
| Hml c | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ge | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hmgr | | | | | | | | | | | | | | | |
| Z | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hz | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Del _____ | Al _____ | | | | | | | | | | | |
| | | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 10px;"></td> <td>Luz diurna</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 10px; background-color: #cccccc;"></td> <td>Luz crepuscular</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 10px; background-color: #999999;"></td> <td>Luz lunar</td> </tr> <tr> <td style="width: 20px; height: 10px; background-color: #333333;"></td> <td>Obs. Absoluta</td> </tr> </table> | | Luz diurna | | Luz crepuscular | | Luz lunar | | Obs. Absoluta | | | | |
| | Luz diurna | | | | | | | | | | | | | | |
| | Luz crepuscular | | | | | | | | | | | | | | |
| | Luz lunar | | | | | | | | | | | | | | |
| | Obs. Absoluta | | | | | | | | | | | | | | |

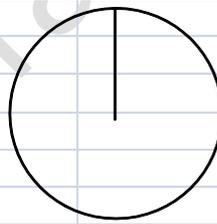
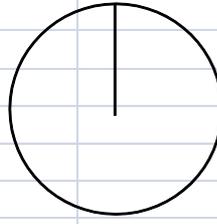
FORMATO N° 3

Punto al medio día por Recta AM y Circunmeridiana de sol

| | | | |
|---|---------|----------------------------|----------------------------------|
| | | Navegando de _____ a _____ | |
| | | Fecha Observación _____ | |
| Recta AM de Sol | | | |
| Le | = _____ | C(AM) | = _____ |
| Ge | = _____ | Eo | = _____ |
| Rv | = _____ | Cc | = _____ |
| Hcr | | Hz | |
| Ea | | Zh | |
| Hmgr | | Hmgr | |
| Hmgr | | Fecha | |
| Fecha | | | |
| Ahgr☉ | | Dec☉ | |
| co | | c | () |
| Ahgr☉c | | Dec☉ c | |
| Ga | | | |
| AHL☉ | | (C) Ac☉ | (D) |
| Dec☉ c | | (B) | |
| La | | (A) Azv☉ | Az☉ |
| Circunmeridiana de Sol | | | |
| Le | = _____ | C(Cm) | = _____ |
| Ge | = _____ | Eo | = _____ |
| Hcr | | Hz | |
| Ea | | Zh | |
| Hmgr | | Hmgr | |
| Hmgr | | Fecha | |
| Fecha | | | |
| Ahgr☉ | | Dec☉ | |
| co | | c | () |
| Ahgr☉c | | Dec☉ c | |
| Ge | | | |
| P☉ | | a | |
| Dec☉ c | | (B) | |
| Le | | (A) ap ² | |
| | | | Ai☉ |
| | | | Ei |
| | | | Ao☉ |
| | | | Dip |
| | | | Aap☉ |
| | | | CT |
| | | | Av☉co |
| | | | ap ² |
| | | | Av☉m |
| | | | 90° 89° 60' |
| | | | Dzv |
| | | | Dec☉ c |
| | | | Lo |
| Punto Observado: | | | |
| Po | Lo | = _____ | |
| | Go | = _____ | |
| | Hz | = _____ | |
| | C | = _____ | |
| $a = (1,9635 \times \text{Cos} (Le) \times \text{Cos} (Dec))/(\text{Sen}(Le-Dec))$ $a = (1,9635 \times \text{Cos} (A) \times \text{Cos} (B))/(\text{Sen}(A - B))$ $ap^2 = (4 \times a \times P^2)/(15)$ | | | |
| Sur (-); Norte (+) | | | |

FORMATO N° 4

Punto observado por Recta AM y PM de Sol

| | | Recta AM de Sol | | | |
|---|---------|------------------------|---------|---|---------|
| Le | = _____ | C(AM) | = _____ | Rv | = _____ |
| Ge | = _____ | Eo | = _____ | Cc | = _____ |
| Hcr | | Hz | | Ai⊙ | |
| Ea | | Zh | | Ei | |
| Hmgr | | Hmgr | | Ao⊙ | |
| Hmgr | | Fecha | | Dip | |
| Fecha | | | | Aap⊙ | |
| Ahgr⊙ | | Dec⊙ | | CT | |
| co | | c | () | Av⊙ | |
| Ahgr⊙c | | Dec⊙ c | | Ac⊙ | |
| Ga | | | | I | |
| AHL⊙ | (C) | | | | |
| Dec⊙ c | (B) | | | | |
| La | (A) | Ac⊙ | (D) | Azv⊙ | |
| Recta PM de Sol | | | | | |
| Le | = _____ | C(PM) | = _____ |  | |
| Ge | = _____ | Eo | = _____ | | |
| Hcr | | Hz | | Ai⊙ | |
| Ea | | Zh | | Ei | |
| Hmgr | | Hmgr | | Ao⊙ | |
| Hmgr | | Fecha | | Dip | |
| Fecha | | | | Aap⊙ | |
| Ahgr⊙ | | Dec⊙ | | CT | |
| co | | c | () | Av⊙ | |
| Ahgr⊙c | | Dec⊙ c | | Ac⊙ | |
| Ga | | | | I | |
| AHL⊙ | (C) | | | | |
| Dec⊙ c | (B) | | | | |
| La | (A) | Ac⊙ | (D) | Azv⊙ | |
| Punto Observado: | | | | | |
| Po | Lo | = | _____ |  | |
| | Go | = | _____ | | |
| | Hz | = | _____ | | |
| | C | = | _____ | | |
| <p>AHL = Ahgr - G (W) (AHL < 0 suma 360°) AHL = Ahgr + G (E) (AHL > 360 restar 360°)</p> | | | | | |
| <p>Av = arc Sen [Sen(Le) x Sen(Dec) + Cos(Le) x Cos(Dec) x Cos(AHL)] Av = arc Sen [Sen(A) x Sen(B) + Cos(A) x Cos(B) x Cos(C)]</p> | | | | | |
| <p>Azv = 2 x arc Tg [-Cos(Le) x Cos(Dec) x Sen (AHL)/(Cos (Av + Le) + Sen (Dec))] Azv = 2 x arc Tg [-Cos(A) x Cos(B) x Sen (C)/(Cos (D + A) + Sen (B))]</p> | | | | | |
| <p>Si Az < 0 Suma 360°</p> | | | | | |

FORMATO N° 6

Punto observado por tres rectas casi simultaneas (Estrellas y Polar)

| | | | | | |
|--|-------|---------|-------|-------------------------|-------|
| Navegando de | | a _____ | | | |
| Fecha | | _____ | | | |
| Le = | _____ | Hz = | _____ | Eo = | _____ |
| Ge = | _____ | Zh = | _____ | | |
| | | Hmgr = | _____ | C = | _____ |
| Estrella | | | | Polar | |
| Hcr | | | | Hcr | |
| Ea | | | | Ea | |
| Hmgr | | | | Hmgr | |
| Fecha | | | | Fecha | |
| Ahgr γ | | | | Ahgr γ | |
| co | | | | co | |
| Ahgr γ co | | | | Ahgr γ co | |
| + AHS | | | | Ge | |
| Suma | | | | AHL γ | |
| - 360° | | | | | |
| Ahgr \star co | | | | Ai \star | |
| Ga | | | | Ei | |
| (C) AHL \star | | | | Ao \star | |
| (B) Dec \star | | | | Dip | |
| (A) La | | | | Aap \star | |
| | | | | CT | |
| (D) Ac \star | | | | Av \star | |
| | | | | -1° | |
| Ai \star | | | | Av \star co | |
| Ei | | | | + Ao | |
| Ao \star | | | | + A1 | |
| Dip | | | | + A2 | |
| Aap \star | | | | Lo | |
| CT | | | | | |
| Av \star | | | | | |
| Ac \star | | | | | |
| I | | | | | |
| Az \star | | | | | |
| | | | | Punto Observado: | |
| | | | | Lo = _____ | |
| | | | | Go = _____ | |
| | | | | Hz= _____ | |
| | | | | C= _____ | |
| AHL = Ahgr - G (W) (AHL < 0 suma 360°) | | | | | |
| AHL = Ahgr + G (E) (AHL > 360 restar 360°) | | | | | |
| Av = arc Sen [Sen(A) x Sen(B) + Cos(A) x Cos(B) x Cos(C)] | | | | | |
| Azv = 2 x arc Tg [-Cos(A) x Cos(B) x Sen (C)/(Cos (D + A) + Sen (B))] | | | | | |
| Si Az < 0 Suma 360° | | | | | |

FORMATO N° 7
Posición por Observaciones de Circunzenitales

| | | | |
|----------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
| Navegando de _____ a _____ | | | |
| Fecha Observación _____ | | | |
| Le = _____ | | | |
| Ge = _____ | | Eo = _____ | |
| | | Rv = _____ | |
| | | Cc = _____ | |
| Hz | | | |
| Zh | | | |
| Hmgr | | | |
| Fecha | | | |
| | Obs. N° 1 | Obs. N° 2 | Obs. N° 3 |
| Hcr | | | |
| Ea | | | |
| Hmgr | | | |
| Hmgr | | | |
| Fecha | | | |
| Ahgr☉ | | | |
| co | | | |
| Ahgr☉c (Long - PG) | | | |
| | | | |
| Dec☉ | | | |
| c | () | () | () |
| Dec☉ c (Lat - PG) | | | |
| | | | |
| Ai☉ | | | |
| Ei | | | |
| Ao☉ | | | |
| Dip | | | |
| Aap☉ | | | |
| CT | | | |
| Av☉ | | | |
| -90° | -89° 60' | -89° 60' | -89° 60' |
| Dzv | | | |
| Corr. | | | |
| | | Punto Observado: | |
| | | Lo = _____ | |
| | | Go = _____ | |
| | | Hz = _____ | |
| | | C = _____ | |

FORMATO N° 8

Cálculo del Eg y Desvío del compás magnético por Azv de sol

| | | | |
|---|--|------------------|--|
| Navegando de _____ a _____ | | | |
| Fecha Observación _____ | | | |
| Le = _____ | | | |
| Ge = _____ | | Azg = _____ | |
| Hcp | | Hz | |
| cp | | Zh | |
| Ea | | Hmgr app | |
| Hmgr | | Fecha | |
| Fecha | | | |
| Ahgr [⊙] | | Z [⊙] | |
| co | | Azv [⊙] | |
| Ahgr [⊙] c | | Azg | |
| Ge | | Eg | |
| AHL | | (C) | |
| P [⊙] | | Rg | |
| Dec [⊙] c | | (B) Eg | |
| Le | | (A) Rv | |
| | | Vmg | |
| Dec [⊙] | | Rmg | |
| c | | () Rc | |
| Dec [⊙] c | | Desvío | |
| $\tan Z = (\sin \text{AHL}) / (\cos L \times \tan \text{Dec} - \sin L \times \cos \text{AHL})$ $\tan Z = (\sin \text{C}) / (\cos \text{A} \times \tan \text{B} - \sin \text{A} \times \cos \text{C})$ <p>Latitud siempre positiva (+)</p> <ul style="list-style-type: none"> · Dec.negativa (-) cuando signos L y Dec distintos. · Dec.positiva (+) cuando signos L y Dec iguales. · Si AHL mayor de 180°, considera negativo (-) · Si Z < 0 sumar 180° <p>Los signos de Z:</p> <ul style="list-style-type: none"> · N o S según signo de la latitud. · Si AHL < 180 signo W, si AHL > 180° signo E. | | | |

FORMATO N° 9

Cálculo del Eg y Desvío del compás magnético por Azv al ocaso[⊙] / orto[⊙]

| | | | |
|----------------------------|--|---------------|--|
| Navegando de _____ a _____ | | | |
| Fecha Observación _____ | | | |
| Le = _____ | Rg = _____ | Rc = _____ | |
| Ge = _____ | Azg = _____ | Vmg = _____ | |
| Hcp | | Hz | |
| cp | | Zh | |
| Ea | | Hmgr app | |
| Hmgr | | Fecha | |
| Fecha | | | |
| Dec [⊙] | | | |
| c | () | | |
| Dec [⊙] c | | | |
| (1) Amp [⊙] | | | |
| Azv [⊙] | | | |
| Azg | | Rg | |
| (2) Co | | Eg | |
| Azg co | | Rv | |
| | | Vmg | |
| Azv [⊙] | | Rmg | |
| Azg | | Rc | |
| Eg | | Desvío | |
| (1) | sen (Amp) = sen (Dec [⊙]) / cos (L) | | |
| | Dec y L en valor absoluto | | |
| | Signos de la Amplitud | | |
| | Prefijo "E" si el astro está en el orto y "W" si está al ocaso. | | |
| | Sufijo N o S de acuerdo al signo de la declinación | | |
| (2) | Si el Az fue en el horizonte visible aplicar esta corrección | | |
| | cos Z = (sen D - (sen (-0,7) x sen L)) / (cos (-0,7) x cos L) | | |
| | Signo de la co | | |
| Orto [⊙] | L (N) se resta; L(S) se suma | | |
| Ocaso [⊙] | L (N) se suma; L(S) se resta | | |

FORMATO N° 10
Cálculo del Coeficiente y Error de la corredera

| | | | |
|----------------------------|-------------|---------------|-----------------------------|
| Navegando de _____ a _____ | | | |
| Nombre _____ | | | |
| Fecha _____ | | | |
| Pe1 { | Le1 = _____ | Pe2 { | Le2 = _____ |
| | Ge1 = _____ | | Ge2 = _____ |
| Fecha = _____ | | Fecha = _____ | |
| Hz = _____ | | Hz = _____ | |
| C1 = _____ | | C2 = _____ | |
| Le2 | | Ap | $Ap = g * \text{Cos}(LM)$ |
| Le1 | | | |
| l | | Dv | $Dv^2 = l^2 + ap^2$ |
| l | | | |
| Le2 | | C2 | |
| Le1 | | C1 | |
| LM | | Dc | |
| Ge2 | | | |
| Ge1 | | Ec | $\% [(Dv - Dc) * 100] / Dc$ |
| g | | | |
| g | | Cc | Dv/Cc |

Parte VI: REFERENCIAS

1. Formulario y procedimientos para cálculos de problemas de navegación, Escuela Naval, Alberto de la Fuente F. 1970
2. Pub. SHOA N° 3019 "Almanaque Náutico" edición 2020.
3. Pub. SHOA N° 3030 "Manual de Navegación" edición 2012.
4. Apuntes personales del autor. <http://navegacion.tripod.com/>
5. American Practical Navigator (Bowditch) Pub. No. 9, Edición 2017.

Roberto Léniz Drápela