

(Para los escolares peruanos)

Los cuadrantes solares

Ammiraglio de Divisione (R)

Genaro Como

Anexo a la "Revista de Marina"

AÑO XXV - No. 5

1940

Talleres Tipográficos de la Escuela Naval del Perú

Los cuadrantes solares

Por el Ammiraglio de Divisione **R**

GENARO COMO

Hace ya algunos años que reside en el Perú el Sr. Almirante (Retiro) D. Genaro Como, de la Marina Imperial Italiana. A pesar de haber abandonado las actividades navales, su afición a la carrera lo ha llevado a colaborar activamente en diarios y revistas nacionales, abordando temas de carácter astronómico, con el deseo de vulgarizar tales conocimientos. El presente artículo ha sido escrito para los escolares de la República y la "Revista de Marina" le da especial cabida en sus columnas.

N. de la R.

"... porque si existe un medio para hacer comprender a los profanos el mecanismo del movimiento aparente del Sol, es precisamente el de construir un cuadrante solar".

Abate Th. Moreaux
Observatorio de Bourges

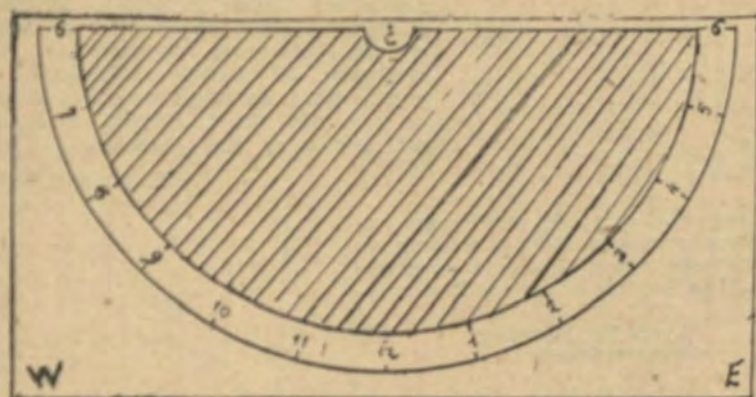
El principio que permite trazar un cuadrante solar es muy sencillo y resulta de la siguiente consideración:

Dando la Tierra — esfera achatada en los polos — una vuelta completa de 360 grados al rededor de su eje en 24 horas, 24 meridianos, trazados sobre dicha esfera, de 15 grados en 15 grados, se presentarán delante del Sol hora tras hora.

En la práctica, materializando el eje de la Tierra con un estilo paralelo a dicho eje — llamado "gnomon" — y trazando sobre un plano paralelo al Ecuador las líneas de los meridianos terrestres, la sombra del estilo se proyecta sucesivamente sobre esas líneas y señala la hora solar, que se suele llamar "aparente o verdadera".

Un cuadrante que obedece a ese principio y que toma el nombre de "Cuadrante Equinoccial" o "Ecuatorial" es muy fácil de construir.

Es suficiente trazar sobre una tablilla delgada, o sobre una lámina metálica, una media circunferencia, (Fig. 1^a.) quitarle la parte sombreada, marcar las horas de 15 grados en 15 grados y aplicar un estilo, perfectamente normal al plano de la tablita, en el centro C de la media circunferencia. Orientando ese plano exactamente según la línea Este-Oeste e inclinándolo sobre el plano horizontal un ángulo igual al complemento de la latitud del lugar, la sombra del estilo marcará, sucesivamente, las horas solares aparentes o verdaderas del lugar (Horas verdaderas locales).



(Fig. 1a).—Cuadrante Equinoccial o Ecuatorial.

Resulta evidente que, para el observador en el Polo, si la tablilla o lámina metálica, coincide con el plano horizontal (Horizonte Astronómico), el estilo (gnomon) quedará normal a dicho plano, mientras que para el observador en el Ecuador, si la tablita resulta normal al plano horizontal, el "gnomon" se quedará perfectamente paralelo al horizonte.

CUADRANTES SOLARES HORIZONTALES Y VERTICALES

Tratándose de cuadrantes solares de uso público, es preferible substituir al plano ecuatorial, planos más fáciles

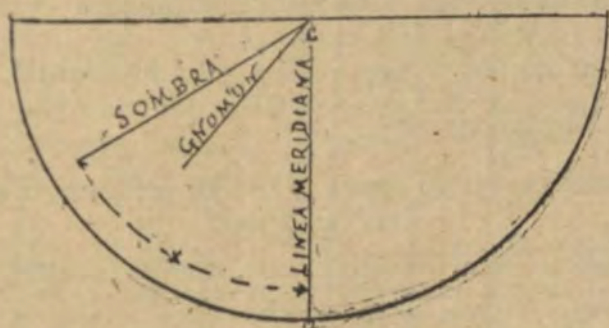
de obtener, planos horizontales y planos verticales. Los cuadrantes solares horizontales adornan tal vez los céspedes de parques y de jardines; los cuadrantes verticales, las paredes de edificios públicos o privados.

En esta concisa exposición, que se propone hacer obra de vulgarización principalmente para los profanos y eventualmente para las escuelas de segunda enseñanza, nos ocuparemos solamente de los cuadrantes verticales orientados en el plano del primer vertical (Este-Oeste) y para el trazo al método gráfico (uso del trasportador). Se consiguen así líneas horarias aproximadas. Pero el fin que se persigue, más que la precisión de la hora, es hacer comprender al profano o al estudiante, sin ningún esfuerzo mental, lo que el abate Moreaux llama "el mecanismo del movimiento aparente del Sol" y el significado y la naturaleza de las diferentes clases de horas, horas verdaderas, horas medias, horas legales u oficiales.

Resulta muy fácil e instructivo construir pequeños relojes solares, trasportables, de los diferentes tipos, ecuatoriales, verticales, horizontales; constituye para el estudiante una muy útil aplicación de sus conocimientos de Trigonometría y un provechoso empleo de algunas de las horas dedicadas al arte manual.

En un cuadrante solar horizontal, el estilo o gnomon, debiendo ser, como en casi todos los tipos de cuadrantes solares, paralelo al eje de rotación terrestre, hace evidentemente con el plano del horizonte un ángulo igual a la latitud (φ).

● SOL



(Fig. 2a).—Cuadrante horizontal.

Indicando con la letra x el ángulo que la sombra proyectada por el gnomon hace con la línea meridiana C-12 (Figura 2^a.) es evidente que la variación de dicho ángulo debe ser función de la latitud φ y del ángulo horario, y en efecto, las relaciones que nos dan los sucesivos valores del ángulo x , y que por consiguiente nos permiten trazar las líneas de las horas de un cuadrante solar horizontal, son las siguientes:

- tg. $x = \text{seno } \varphi$ tg. de 15 grados (para las 11 y la 1).
- tg. $x = \text{seno } \varphi$ tg. de 30 grados, (para las 10 y las 2).
- tg. $x = \text{seno } \varphi$ tg. de 45 grados (para las 9 y las 3).
- tg. $x = \text{seno } \varphi$ tg. de 60 grados (para las 8 y las 4).
- tg. $x = \text{seno } \varphi$ tg. de 75 grados (para las 7 y las 5).
- tg. $x = \text{seno } \varphi$ tg. de 90 grados (para las 6 am. y 6 pm.).

Para un cuadrante solar trazado sobre el plano del primer vertical, el ángulo x , por tratarse de un plano complementario, variará evidentemente en función del coseno de la latitud y la fórmula será:

tg. $x = \text{coseno } \varphi$ multiplicado sucesivamente por las tangentes de 15, 30, 45, 60, 75 y 90 grados.

EJEMPLOS DE CALCULO Y TRAZO DE CUADRANTES SOLARES

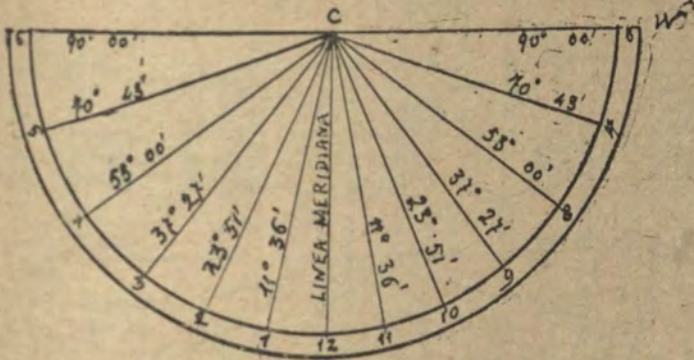
Para completar esta sucinta exposición estimamos útil calcular y trazar:

1) Un cuadrante vertical y otro horizontal para latitudes medianas, por ejemplo de 40 grados (Valdivia) y 34 grados (Santiago de Chile).

2) Un cuadrante vertical y otro horizontal para latitudes en proximidad del ecuador, por ejemplo, para una latitud de 12 grados (Lima).

Cuadrante vertical para $\varphi = 40$ grados (Plano del 1er. vertical)

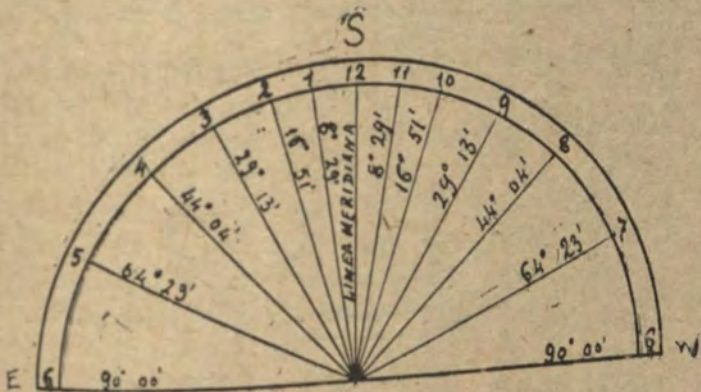
	hs. hs.
tg. $x = \text{cos. nat. } 40^\circ \times \text{tg. nat. } 15^\circ = 0,766 \times 0,268 = 0,205288$	$x = 11^\circ 36'$ para 1 y 11
tg. $x = \text{cos. nat. } 40^\circ \times \text{tg. nat. } 30^\circ = 0,766 \times 0,577 = 0,441982$	$x = 23^\circ 51'$ » 2 y 10
tg. $x = \text{cos. nat. } 40^\circ \times \text{tg. nat. } 45^\circ = 0,766 \times 1,000 = 0,766$	$x = 37^\circ 27'$ » 3 y 9
tg. $x = \text{cos. nat. } 40^\circ \times \text{tg. nat. } 60^\circ = 0,766 \times 1,732 = 1,326712$	$x = 53^\circ 00'$ » 4 y 8
tg. $x = \text{cos. nat. } 40^\circ \times \text{tg. nat. } 75^\circ = 0,766 \times 3,732 = 2,858712$	$x = 70^\circ 43'$ » 5 y 7
tg. $x = \text{cos. nat. } 40^\circ \times \text{tg. nat. } 90^\circ = 0,766 \times \text{infinito} = \infty$	$x = 90^\circ 00'$ » 6a y 6pm



(Figura 3ª.)
Cuadrante vertical para $\varphi = 40^\circ$ Sur,
(Plano del 1er. Vertical)

Cuadrante horizontal para $\varphi = 34$ grados.

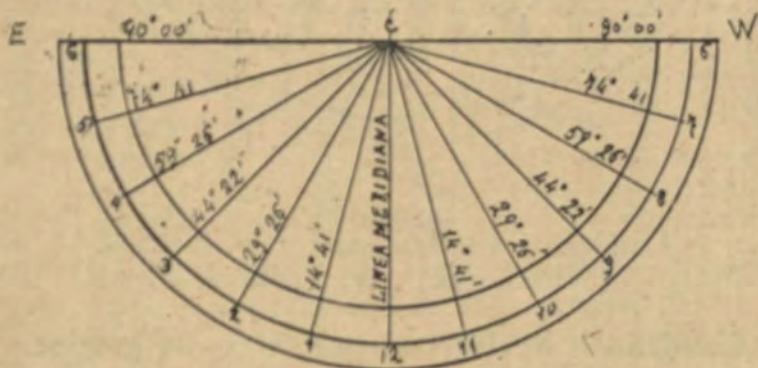
	hs. hs.
$\text{tg. } x = \text{seno nat. } 34^\circ \times \text{tg. nat. } 15^\circ = 0,559 \times 0,268 = 0,149812 \dots$	$x = 8^\circ 29'$ para 11 y 1
$\text{tg. } x = \text{seno nat. } 34^\circ \times \text{tg. nat. } 30^\circ = 0,559 \times 0,577 = 0,322543 \dots$	$x = 16^\circ 51'$ > 10 y 3
$\text{tg. } x = \text{seno nat. } 34^\circ \times \text{tg. nat. } 45^\circ = 0,559 \times 1,000 = 0,559000 \dots$	$x = 29^\circ 13'$ > 9 y 3
$\text{tg. } x = \text{seno nat. } 34^\circ \times \text{tg. nat. } 60^\circ = 0,559 \times 1,732 = 0,968188 \dots$	$x = 44^\circ 04'$ > 8 y 4
$\text{tg. } x = \text{seno nat. } 34^\circ \times \text{tg. nat. } 75^\circ = 0,559 \times 3,732 = 2,086188 \dots$	$x = 64^\circ 23'$ > 7 y 5
$\text{tg. } x = \text{seno nat. } 34^\circ \times \text{tg. nat. } 90^\circ = 0,559 \times \infty = \text{infinito} \dots$	$x = 90^\circ 00'$ > 6a y 6pm



(Figura 4ª.)
Cuadrante horizontal para $\varphi = 34^\circ$ Sur

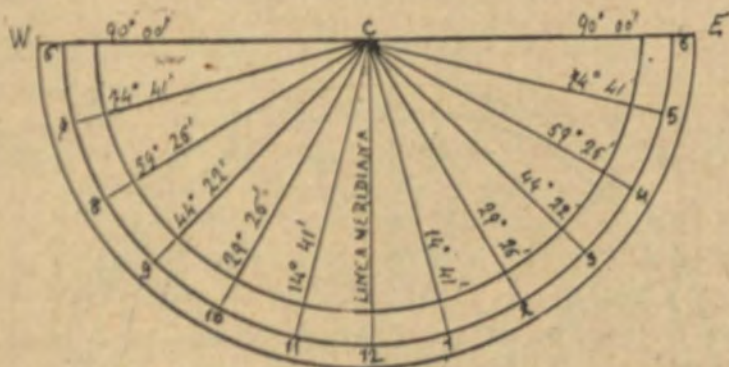
Cuadrante vertical (plano del 1er. Vertical)
para $\varphi = 12^\circ$

tg. x = cos. nat. 12° tg. nat. $15^\circ = 0,97815 \times 0,268 = 0,262104 \times$	para 11 y 1	hs. hs.
tg. x = cos. nat. 12° tg. nat. $30^\circ = 0,97815 \times 0,577 = 0,564306 \times$	10 y 2	
tg. x = cos. nat. 12° tg. nat. $45^\circ = 0,97815 \times 1,000 = 0,97815 \times$	9 y 3	
tg. x = cos. nat. 12° tg. nat. $60^\circ = 0,97815 \times 1,732 = 1,693896 \times$	8 y 4	
tg. x = cos. nat. 12° tg. nat. $75^\circ = 0,97815 \times 3,732 = 3,649896 \times$	7 y 5	
tg. x = cos. nat. 12° tg. nat. $90^\circ = 0,97815 \times \infty = \infty \times$	6a y 6pm	



Frente Norte del cuadrante.
(Figura 5a)

Cuadrante vertical para $\varphi = 12^\circ \delta$ Sur (Lima) y para δ Norte

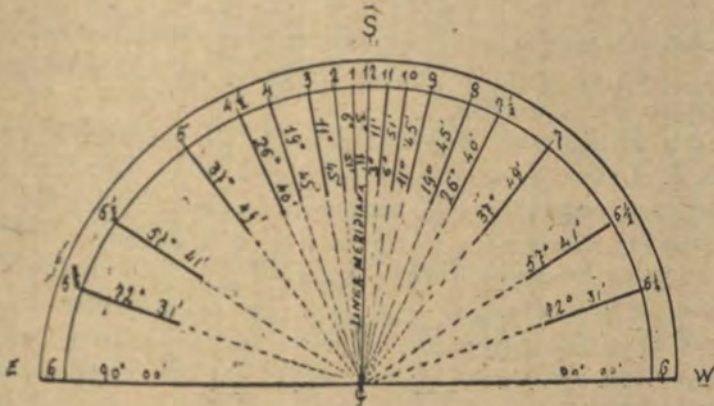


Frente Sur del cuadrante
(Fig. 5a bis)

Cuadrante vertical (Plano del primer vertical)
Para $\varphi = 12^\circ$ Sur y para δ Sur.

Cuadrante horizontal para $\varphi = 12^\circ$

tg. x = seno nat. 12° tg. nat. $15^\circ = 0,208 \times 0,268 = 0,055724$.. x = $3^\circ 11'$ para	hs. 11 y 1
tg. x = seno nat. 12° tg. nat. $30^\circ = 0,208 \times 0,777 = 0,120016$.. x = $6^\circ 51'$ >	10 y 2
tg. x = seno nat. 12° tg. nat. $45^\circ = 0,208 \times 1,000 = 0,208000$.. x = $11^\circ 45'$ >	9 y 3
tg. x = seno nat. 12° tg. nat. $60^\circ = 0,208 \times 1,732 = 0,359256$.. x = $19^\circ 45'$ >	8 y 4
tg. x = seno nat. 12° tg. nat. $67^\circ = 0,208 \times 2,414 = 0,502112$.. x = $26^\circ 40'$ >	$7\frac{1}{2}$ y $4\frac{1}{2}$
tg. x = seno nat. 12° tg. nat. $75^\circ = 0,208 \times 3,732 = 0,776256$.. x = $37^\circ 49'$ >	7 y 5
tg. x = seno nat. 12° tg. nat. $82^\circ = 0,208 \times 7,596 = 1,579968$.. x = $57^\circ 41'$ >	$6\frac{3}{4}$ y $5\frac{1}{4}$
tg. x = seno nat. 12° tg. nat. $86^\circ = 0,208 \times 15,257 = 3,173456$.. x = $72^\circ 31'$ >	$6\frac{1}{2}$ y $5\frac{1}{2}$
tg. x = seno nat. 12° tg. nat. $90^\circ = 0,208 \times \infty = \text{infinito}$.. x = $90^\circ 00'$ >	6a y 6pm



(Fig. 6^a.)

Cuadrante Horizontal para $\varphi = 12^\circ$ Sur (Lima)

DISCUSION DE LAS FORMULAS Y EQUIPARACION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CUADRANTES QUE HEMOS CONSIDERADO

Para un cuadrante equinoccial o ecuatorial, la construcción y el empleo son tal simples y evidentes que no hay nada que agregar a lo que ya se ha dicho. Un cuadrante de este tipo se puede emplear útilmente en cualquier latitud. En el Polo, naturalmente, el cuadrante coincide con el plano horizontal, el gnomon se queda vertical (1).

Para un cuadrante horizontal, en la fórmula que proporciona las líneas horarias, el valor del ángulo x varía,

(1) El observador se encuentra sobre todos los meridianos y se puede decir que cualquier hora es su hora.

como hemos visto, en función del seno de φ y de las sucesivas tangentes, de 15 en 15 grados. Para un observador en el ecuador, el gnomon, coincidiendo con la línea meridiana trazada sobre el plano horizontal, no proporciona ninguna sombra. El ángulo x es constantemente igual a cero, durante todo el recorrido del Sol sobre su arco diurno de acuerdo con la fórmula que, siendo para $\varphi = 0$ seno de $\varphi = 0$, da constantemente $\text{tg } x = 0$ y por consiguiente $x = 0$.

Evidentemente, este tipo de cuadrante solar no puede usarse ni en el ecuador ni en lugares que se encuentran muy cerca del ecuador.

Para un latitud de 12 grados (la de nuestro ejemplo, Figura 6^a.) el seno de la latitud siendo una fracción de la unidad muy pequeña, y la tangente (para ángulos horarios próximos al meridiano y hasta dos o tres horas después para ángulos horarios inferiores a 45 grados) también una fracción de la unidad, el ángulo x resulta pequeño, la sombra que el estilo proyecta se mueve lentamente y por consiguiente las indicaciones que este tipo de cuadrante, en estas condiciones, proporciona no presentan suficiente aproximación, especialmente cuando se quiere apreciar las fracciones de hora.

Buenas indicaciones se consiguen desde las 6 am. a las 8 am. y desde las 4 pm. a las 6 pm. porque, acentuándose el valor de la tangente, la variación del ángulo x se acentúa y, por consiguiente, las líneas horarias se alejan. Pero, si se quieren apreciar fracciones de hora, cada línea horaria correspondiente debe ser trazada con la fórmula, mediante el cálculo.

A medida que la latitud aumenta, las líneas horarias (como nuestra la Figura 4a.) van distribuyéndose siempre más regularmente, hasta que, para latitudes iguales o superiores a 75 grados, el valor de seno φ siendo próximamente igual a la unidad, el valor aproximado al grado del ángulo x variará uniformemente, de 15 grados en 15 grados y el cuadrante solar se podrá trazar con un común transportador sin necesidad de la fórmula y del cálculo.

Lo mismo sucede con un cuadrante vertical orientado en el plano del primer vertical y para valores de φ próximos a cero, o menores de 15 grados, es decir para lugares de la Tierra situados cerca del ecuador terrestre.

Como ejemplo, las Figuras 5^a. y 5^a. bis, claramente muestran, que para $\varphi = 12$ grados el valor de coseno φ es tan próximo a la unidad, y por consiguiente los sucesivos valores de x resultan tan próximamente iguales a 15, 30, 45, 60, 75, 90 grados, que usando un común trasportador y siendo suficiente la aproximación al grado, el cuadrante se puede trazar sin necesidad de calcularlo. Pero es necesario observar que, en este caso, el cuadrante no se puede colocar contra una pared, como se hace en los lugares que se encuentran fuera de los trópicos. El cuadrante debe ser graduado de ambos lados, y el estilo, que hará con la horizontal un ángulo igual a la latitud, marcará las horas sobre el lado norte del cuadrante cuando el sol se encuentra en el hemisferio Norte, y sobre el lado sur cuando el sol se encuentra en el hemisferio Sur.

En las altas altitudes, como el estilo (gnomon) hace un ángulo muy pequeño con el plano vertical, las líneas horarias se quedarán muy cerradas al centro, al igual de lo que hemos visto suceder para el cuadrante horizontal en las bajas latitudes.

Recapitulando, y con referencia a los tipos de cuadrantes solares que hemos considerado, se puede establecer:

- a) Que un reloj solar o cuadrante ecuatorial se puede usar en cualquier latitud.
- b) Que para las latitudes intermedias, tanto el cuadrante horizontal como el vertical, resultan de uso práctico.
- c) Que mientras entre los trópicos resulta más práctico el cuadrante vertical, en las altas latitudes es preferible el uso del cuadrante horizontal.

DIFERENTES ESPECIES Y DENOMINACIONES DE LAS HORAS

Para los profanos, para los estudiantes que desean

adquirir estos complementos de cultura general de indis-
cutible utilidad en la vida práctica, estimamos conveniente
terminar este modesto estudio dando las definiciones y las
denominaciones de las diferentes especies de horas.

HORA VERDADERA O APARENTE.

Es, como hemos visto, la hora del Sol verdadero o
aparente, supremo regulador de la vida de los humanos:
es la hora que nos proporcionan los cuadrantes solares
que hemos considerado. Pero, como los ángulos horarios,
ángulos en el polo, se miden evidentemente sobre el ecua-
dor celeste, debido a la oblicuidad de la eclíptica y también
a la falta de uniformidad del movimiento de la Tierra sobre
esa su órbita (1), el Sol verdadero, o aparente, no se mueve
con movimiento uniforme. El intervalo entre dos pasajes
consecutivos del Sol por el mismo meridiano, no es una
cantidad constante; y por consiguiente no se puede cons-
truir un reloj mecánico que proporcione la hora verdadera
del Sol.

HORA MEDIA.

Es la hora de un sol imaginario, que se ha denominado
Sol Medio que, moviéndose con movimiento uniforme,
permite a los cronómetros y relojes marcar su hora, que

(1) Incidentalmente, para que el profano o el estudiante se haga una idea aproxi-
mada de la velocidad fantástica con que nuestro planeta nos lleva alrededor del
Sol, se puede considerar la eclíptica como una circunferencia y deducir la velocidad
horaria media, aproximada, del movimiento de traslación de la Tierra mediante
la relación:

$$\begin{aligned} \text{Velocidad Horaria (Vh)} &= \frac{2\pi \text{ distancia de la Tierra al Sol}}{\text{Número de horas en un año}} \\ &= \frac{6.28 \times 149 \text{ millones de kms.}}{24 \times 365} \\ &= \frac{935\,720\,000 \text{ kmt}}{8750} = 106817 \text{ kms.} \end{aligned}$$

y podemos decir que nos movemos con una velocidad aproximada ("grosso modo") de 107 mil kms. por hora.

se llama precisamente "Hora Media". La diferencia entre la hora del Sol Verdadero y la del Sol Medio se llama "Ecuación del Tiempo". Cuatro veces durante el año los dos soles se encuentran, coinciden, alrededor del 15 de Abril, del 15 de Junio, del 31 de Agosto y del 25 de Diciembre. En esos días la ecuación del tiempo pasa por su valor cero: la hora media resulta igual a la verdadera. Durante el mes de febrero alcanza la ecuación del tiempo su máximo valor positivo de 14 minutos, que se deben sumar a la hora verdadera (la hora del reloj solar) para conseguir la hora media. Viceversa, en Noviembre, la ecuación del tiempo presenta su máximo valor negativo de 16 minutos, que se deben restar a la hora del reloj solar para conseguir la hora media.

HORA ASTRONOMICA.

Es la hora que se cuenta desde el paso del Sol por el meridiano superior de un lugar (mediodía) de 0 a 24 horas.

HORA CIVIL.

Es la hora que actualmente se usa, casi generalmente, en la vida cotidiana, para los horarios oficiales, telégrafos, ferrocarriles, y que se cuenta desde el paso del Sol por el meridiano inferior (medianoche) de 0 a 24 horas.

Otra manera de apreciar las horas civiles, que era una vez de uso general, contaba las horas de 0 a 12, de la medianoche al mediodía ("horas am.") y del mediodía a la medianoche ("horas pm.").

HORA LEGAL U OFICIAL.

La hora legal u oficial de un lugar es la hora del meridiano horario (meridiano central) del huso de 15 grados de longitud en que el lugar se encuentra situado.

La reglamentación internacional de las horas, mediante un sistema universal, hace ya muchos años que fué estimada sumamente útil y en el mes de Noviembre del año 1903, una convención internacional dividió el pla-

neta en "Husos Horarios" de 15 en 15 grados y se estableció que todos los lugares que pertenecen al mismo huso tendrían la misma hora, correspondiente a la hora del meridiano central del huso, que por consiguiente se puede definir como el meridiano horario del huso. Origen de los husos se convino que fuera el huso horario de Greenwich, cuyo meridiano horario es el primer meridiano de longitud cero. Naturalmente, pasando de un huso a otro, se adelanta el reloj del horario internacional de una hora si el huso en que se entra está a levante del que se deja, y viceversa, se atrasa en una hora si está a poniente.



(Fig. 7)

Husos y meridianos horarios

En un dado lugar, para pasar de la hora del reloj solar a la hora legal u oficial del lugar, se aplica, como hemos dicho, a la hora del reloj solar la ecuación del tiempo con su signo, y se consigue la hora media del lugar. A esta hora se aplica la corrección constante debida a la diferencia de longitud del lugar por respecto al meridiano horario del huso, a razón de cuatro minutos de tiempo para cada grado de diferencia de longitud, corrección que será positiva si el lugar se encuentra a poniente del meridiano horario y será negativa si se encuentra a levante.

HORA DE VERANO.

Es la hora legal adelantada de 60 minutos.

Se adopta esta hora en los países de medianas o altas latitudes para aprovechar de la mayor duración de la luz solar en el período que precede y que sigue el día que llamaremos "máximo" (solsticio de verano). Con este adelanto en el dar principio y en el poner fin a todas las prácticas de la vida cotidiana, se consigue un sensible beneficio, tanto en la economía pública como en la privada.

CONVENIENCIA DE INDICAR LAS HORAS DEL HORARIO INTERNACIONAL CON EL NÚMERO DE ORDEN DE LOS HUSOS

Si las horas de los diferentes lugares, que las agencias de informaciones y los diarios mencionan, estuvieran indicadas con el número de orden de los husos a los cuales esos lugares pertenecen, no podría generarse ninguna confusión o indeterminación. Pero las horas del horario internacional van generalmente bajo diferentes denominaciones, y no todos saben a qué huso, y por consiguiente a qué meridiano, esas denominaciones corresponden.

Por ejemplo, en lugar de decir "Hora de la Europa Central", como a menudo se oye de las radiolas o se lee en los diarios, se debería decir "Hora del primer huso horario oriental" y resultaría claro para todos que esa hora, que es la hora legal de Alemania, de Italia, de Berlín, de

Roma, es la hora del decimoquinto meridiano a levante del primer meridiano, a levante de Greenwich, y por consiguiente adelanta de una hora sobre la hora de Greenwich.

Así, hablando o escribiendo para la información de los moradores de la República Peruana, es incorrecto llamar la hora legal u oficial del Perú "Hora Standard del Este", como frecuentemente se oye o se lee. La hora standard del Este ("Eastern Standard Time") es la denominación que en los Estados Unidos de Norte América se da a la hora del quinto huso horario a poniente del huso horario de Greenwich, y, por consiguiente, es la hora del meridiano septuagésimoquinto a poniente de Greenwich (75° W Gh). Es la hora oficial del Estado de New York, del District of Columbia (Washington) y de la República Peruana (Lima), que pertenecen todos al quinto huso occidental del Horario Internacional. Y si es correcto para los Estados Unidos, que del Atlántico al Pacífico abraza seis husos horarios, llamar la hora del quinto huso occidental "hora standard del Este", no lo es para el Perú que, comprendido en un solo huso, no tiene sino una sola hora, que no es ni del Este ni del Oeste.

Telemetría

Por el Tnte. 2º. A. P.

Juan Revoredo

El presente artículo no es sino una recopilación y extracto de diversas publicaciones y folletos sobre telemetría; el objeto que anima estas líneas no es otro, que el que este trabajo sea de alguna utilidad para los oficiales encargados de instruir al personal en esta rama de la artillería.

Comenzaremos diciendo, que el telémetro es un instrumento óptico de precisión destinado a efectuar la medición de distancias, y está construído para que resuelva mecánicamente un triángulo rectángulo, en el cual se conoce un cateto, que es la base del telémetro, o sea la distancia que hay entre los centros ópticos de los objetivos; pero debido a que la exactitud de la medición es dependiente de la magnitud de esta base, es aumentada por medio de los aumentos del telémetro, de modo que si un telémetro tiene una base de 1.50 m., y un aumento de seis veces, tendrá una base virtual de nueve metros.

Los otros dos elementos conocidos son los dos ángulos adyacentes al lado conocido, uno de ellos recto, pues el blanco se encuentra perpendicular a un objetivo y se consigue manteniendo la imagen en el centro del campo, el otro ángulo es oblicuo y variable según la magnitud de la distancia por medir y su valor se obtiene accionando el rolete de medición, por medio del cual se mueve o traslada un prisma, cuña deslizante, compensador, espejo, etc. según el sistema usado en el telémetro, y que a su vez está conectado a una escala con los valores del lado desconocido, "distancia", correspondientes al giro o traslación del dispositivo de medición.

Según el telémetro sea de base horizontal o vertical se le llamará telémetro vertical, horizontal, de gran base

etc.; según sus aplicaciones, será naval, de costa, antiaéreo, etc.; según el principio usado para obtener la medición de la distancia será: a coincidencia, que puede ser vertical, horizontal y de fajas. El tipo vertical se llama así por la línea de bisección q' es vertical y se usa con blancos aéreos, mientras que el tipo horizontal se usa para blancos navales y terrestres, pero de preferencia de contornos rectos, y el tipo de fajas se usa para blancos aéreos. Otros tipos de telémetros son los de inversión y estereoscópicos, los primeros se usan de preferencia con blancos de contornos curvos; los estereoscópicos son de dos clase: de señal fija y de señal móvil; según las señales de medición se muevan o no. En los de el primer tipo la medición se efectúa fijándose en qué marca está la imagen, pues cada una de ellas corresponde a una distancia, mientras que en los segundos la señal móvil de medición hace que aparentemente se desplace en profundidad hasta que esté en el mismo plano que el blanco, estos telémetros dan buenos resultados para blancos de contornos, curvos y aéreos.

Para obtener un buen rendimiento del telémetro es esencial que esté correctamente ajustado, y para efectuar este ajuste hay diversos métodos según los diversos tipos de telémetros.

Consideremos el telémetro como dos telescopios que tienen un eje óptico común, es decir que cada uno de ellos se compone de un sistema óptico formado por un ocular y un objetivo, cuyos oculares se encuentran frente uno al otro y por lo tanto los objetivos estarán en los extremos, ambos son lentes acromáticas, es decir, lentes dobles de diferentes cristales unidos entre sí en algunos telémetros por un cemento o bálsamo transparente y en otros simplemente ajustados en celdillas.

Pero, como esta disposición no permite al hombre observar simultáneamente por ambos sistemas ópticos un objeto situado en el infinito, se consigue esto mediante unos prismas pentagonales colocados delante de los objetivos. Estos prismas forman dos superficies de reflexión a cuarenticinco grados, produciendo una reflexión total de noventa grados, o sinó por medio de espejos inclinados cuarenti-

cinco grados respecto al eje óptico del telémetro; unos u otros constituyen lo que se llama las escuadras ópticas del telémetro; además, será necesario intercalar delante de los oculares dos prismas de reflexión total, de este modo los rayos que salen por los oculares son paralelos a los que entran por el objetivo y además sus imágenes pueden ser observadas por el hombre.

Es evidente que si estos sistemas ópticos están entre sí perfectamente alineados, las imágenes dadas por cada uno de estos sistemas de objetos situados en el infinito, se confundirán y formarán una sola, pues los rayos luminosos provenientes del infinito son paralelos. Pero si el objeto, o mejor dicho el blanco, cuya distancia se va a medir se encuentra a una distancia finita, sus rayos luminosos no serán paralelos y las imágenes dadas por los dos sistemas ópticos no se confundirán y estarán separadas horizontalmente una magnitud dependiente de la distancia a que se halle el blanco. Si por medio de un dispositivo óptico de refracción hacemos desviar este rayo hasta que las dos imágenes se junten y confundan, podremos obtener la distancia al blanco, puesto que el giro del dispositivo de medición será proporcional a la distancia a que se halla el blanco y si por medio de este movimiento desplazamos una escala graduada en distancias equivalentes al giro, se habrá resuelto mecánicamente el problema.

Hay varios sistemas de dispositivo de medición: prisma, cuña deslizante, el llamado sistema compensador, espejos, etc.; el principio para todos es el mismo, y es que por medio de un giro o traslación del medio óptico se hace variar el ángulo de refracción en una cantidad, hasta que coincidan las imágenes. En el caso de prismas es mediante un prisma de sección triangular, cuyo ángulo de desviación es muy pequeño, (algunos minutos), éste puede ser simple o compuesto con dos prismas cementados, siendo el primero de flint y el segundo crown, la dispersión se anula entre ambos cristales, no así la desviación. Si se trata de compensadores son dos primas colocados uno frente al otro y que giran en un mismo eje óptico y en sentido contrario. Otro tipo semejante a éste es el de cuñas circulares las

cuales trabajan de igual manera. El tipo de espejo es por medio de un espejo en que se varía el ángulo de reflexión girando el espejo, este tipo ha sido desplazado por el defecto que tienen los espejos de malograrse el azogado, siendo necesario nuevos plateos, cosa que no es necesaria con prismas donde basta con una limpieza.

Si por medio de un prisma llamado prisma de bisección, separamos el medio campo superior de un sistema óptico y el medio campo inferior del otro sistema, nos dará una imagen completa del blanco, cuando se haga coincidir las dos medias imágenes por medio del rolete de medición y a su vez la escala nos indicará la distancia correspondiente.

En los telémetros estereoscópicos, este prisma es sustituido por unos retículos, los que al confundirse uno con otro, nos dan una visión estereoscópica. Las imágenes dadas por los sistemas ópticos también se confunden viéndose aparentemente adelante o atrás de las marcas telemétricas y por medio del rolete de medición se mueve un prisma en forma de cuña deslizante que produce el desplazamiento aparente en sentido de profundidad de las marcas del retículo, la medición consiste en llevar la marca central de medición al plano de la imagen.

AJUSTES

Hasta aquí se ha visto el funcionamiento del telémetro sólo en lo que se refiere a la medición, pero las distancias serán verdaderas siempre que sus sistemas ópticos estén perfectamente ajustados, así como también cuando las lecturas de la escala de distancias sean verdaderas.

Pero el telémetro, como todo aparato mecánico, es susceptible de fallas y errores y aún más si debido al manejo a que está expuesto sufre golpes y frecuentes cambios de temperaturas y condiciones atmosféricas, que producen dilataciones y alteraciones en los sistemas ópticos especialmente en los extremos del telémetro. Es por esta razón que en los telémetros de torre se usan ventiladores para mantener una temperatura uniforme en todo el telémetro.

Además durante estos aumentos de temperatura se producen mediciones erróneas, y por lo tanto los ajustes efectuados en fuertes cambios de temperaturas serán inexactos.

El personal de telemetristas debe estar capacitado para efectuar cualquier ajuste y verificarlos antes de efectuar la medición, así como también para notar cualquier falla o error. Pero no deberá nunca desarmar un telémetro ya sea para limpieza, inspección o eliminación de cualquier defecto; sólo corregirá los errores que se pueden eliminar por los ajustes corrientes por medio de los roletes que tienen los telémetros para estos fines, las otras reparaciones deben hacerse en el taller de reparaciones y por personal experimentado.

Los errores que tienen los telémetros pueden dividirse en dos grupos, uno al desalineamiento de sus sistemas ópticos y otro debido a falta de ajuste o correspondencia entre el dispositivo de medición y la escala indicadora de distancias. Además, se deben considerar los errores debidos a juegos perdidos entre los diversos mecanismos.

Los errores debidos al desalineamiento del sistema óptico producen desplazamientos entre las imágenes, producidas por los dos sistemas ópticos, de manera que no se confundan y formen una sola y se vean imágenes dobles, cuando estos errores son de gran magnitud pueden ser verticales u horizontales.

El error vertical es conocido, en los telémetros de coincidencia como error de bisección, y en los telémetros estereoscópicos como error de altura, ambos son producidos por una misma causa, el desalineamiento vertical de los extremos del tubo interno del telémetro, es decir que no se encuentran los centros de los objetivos en un mismo plano horizontal; su forma de manifestarse en los dos tipos de telémetros es distinta así como la manera de detectarse.

Un telémetro de coincidencia está correctamente ajustado en bisección, cuando sus sistemas ópticos están ajustados de tal manera que uno de los medios campos no se sobra o duplica en el otro, de modo que las dos medias imágenes dadas por el telémetro formen una sola imagen

completa cuando el telémetro está a una elevación constante, con el blanco sin movimiento y la imagen perpendicular a la línea de bisección.

Esté error de bisección se puede manifestar de dos maneras, llamados error de bisección en duplicación y error de bisección en deficiencia. Habrá error en duplicación, cuando se vea una parte de la imagen simultáneamente en el medio campo superior e inferior, a ambos lados de la línea de bisección, y habrá error en deficiencia, cuando una parte de la imagen no se vea, es decir que la imagen no es continua al pasar de un medio campo al otro y esto se nota fácilmente en blancos de formas curvas, no así en los de contornos rectos.

El siguiente procedimiento se usa para determinar estos errores: se coloca el telémetro de modo que la imagen se vea sólo en el medio campo inferior, enseguida se baja el telémetro lenta y continuamente hasta que la imagen se eleve a través de la línea de bisección. Si la bisección es correcta la parte superior de la imagen aparecerá en el medio campo superior en el mismo instante que desaparece del campo inferior, si aparece adelantada hay error en duplicación y si aparece atrasada hay error en deficiencia.

El error de altura de los telémetros estereoscópicos, consiste en que las imágenes dadas por los dos sistemas ópticos no se confunden en una sola, dando una imagen doble, tal como se ve en los prismáticos que están fuera de colimación. Este defecto se nota con auxilio de las marcas de medición, así como por una fatiga en la vista, o dificultad en la visión estereoscópica, en caso de ser de gran magnitud se ven imágenes dobles.

Como se ha dicho, este error se nota con ayuda de las marcas de medición y se supone que éstas están perfectamente colocadas en su sitio, mas no nos ocuparemos de este punto por ser un ajuste de Taller y no del telemetrista como el ajuste de altura. Para notar este error se debe proceder de la manera siguiente: se ajusta la distancia interocular y enfoca el telémetro apuntándose éste al horizonte de la mar o a un blanco de bordes horizontales rectos, se cierra un ojo y se hace coincidir una marca del

retículo con el horizonte e inmediatamente se cierra este ojo y abre el otro, debiendo verse las marcas coincidiendo con el horizonte y si no estuvieran en coincidencia como en el otro ocular sino algo más bajas o altas se debe hacer un ajuste de altura.

Como estos errores de altura y bisección son debidos a una misma causa, ambos se podrán corregir por idénticos medios que pueden ser:

- a) medio mecánico.
- b) medio óptico.

Mecánicamente se corrige levantando o bajando, según convenga, un extremo del tubo interno del telémetro. Con este fin algunos telémetros tienen el siguiente sistema de mecanismo de corrección: uno de los extremos del tubo interno del telémetro descansa en un anillo que tiene dos muñones horizontales, el que es accionado por una transmisión del rolete de ajuste en altura, otros no tienen este sistema y el tubo interno descansa sobre tres puntas situadas a 120° que son accionadas desde el tubo externo por medio de tornillos, lo que no sólo permite un ajuste vertical sino también horizontal.

Ópticamente, se puede corregir este error introduciendo en uno de los sistemas ópticos del telémetro una lente de caras planas con su eje de giro perpendicular al eje óptico del telémetro, con lo que se produce una desviación de los rayos luminosos, subiéndolos o bajándolos siguiendo siempre paralelos al eje del telémetro, consiguiendo de esta manera alinear ópticamente al telémetro.

Hay otros errores análogos, pero horizontales, y son debidos a que los extremos del telémetro no están alineados en un mismo plano vertical, produciendo por lo tanto desplazamientos horizontales de las imágenes. Estos errores se notan principalmente en los telémetros que tienen la línea de bisección vertical y también en los estereoscópicos, se corrigen y detectan de una manera similar a los errores verticales.

Además hay errores verticales y horizontales de alineamiento de las placas telemétricas de los telémetros es-

tereoscópicos, otras veces los errores son debidos a desviaciones en las escuadras ópticas del telémetro y se corrigen dándoles un pequeño giro.

ERRORES DE DISTANCIA

Un telémetro tiene error en distancia cuando no acusa exactamente la distancia que hay a un objeto. Esto es debido a un desajuste entre el dispositivo de medición y la escala de distancias, que hace que la escala esté adelantada o atrasada respecto a la distancia real; la diferencia entre distancia real y la indicada será una cantidad variable según sea la distancia a que se encuentre el blanco.

Para corregir este error los telémetros tienen un mecanismo de corrección de distancia, que varía según los constructores. Consiste este en una lente o prisma intercalado en uno de los sistemas ópticos, que produce una desviación adicional variable de los rayos luminosos, para que éstos sufran una desviación correspondiente al valor de la distancia indicada por la escala. Este sistema es usado en los telémetros en que el prisma y la escala tienen una posición fija entre sí, en otros telémetros la colocación de la escala es variable y permite colocar a ésta de manera que marque la distancia real. Hay un tercer sistema de mecanismo de corrección y es en los telémetros que no tienen prisma de corrección y tampoco se puede trasladar la escala, pero en cambio al accionar el rolete del mecanismo de corrección de distancias, no se traslada la escala sino que se da al prisma de medición un movimiento adicional para que tenga un valor correspondiente al indicado por la escala.

Con cualquiera de estos sistemas que esté dotado un telémetro hay tres métodos de efectuar la corrección de distancia:

- a) Por distancia conocida.
- b) Por infinito.
- c) Por ajuste interno, en telémetros dotados de sistema de ajuste interno, de los que se hablará luego.

POR DISTANCIA CONOCIDA

Para efectuar un ajuste por distancia conocida se debe seguir el procedimiento siguiente:

- a) Enfoque los oculares y haga el ajuste de bisección o altura según el tipo de telémetro.
- b) Seleccione un blanco cuya distancia sea conocida y haga un buen contraste.
- c) Coloque la escala de distancias en la distancia conocida.
- d) En telémetros que tengan prismas de corrección, muevase éste hasta hacer la coincidencia si el telémetro es a coincidencia, y en los estereoscópicos hasta llevar la imagen al plano de la marca de medición del retículo.
- e) Tome cinco lecturas, promédíelas y ponga este valor en el disco de corrección de distancias.
- f) En los telémetros que no tengan este sistema se debe hacer la coincidencia o colocar la imagen en el plano de medición, según el tipo de telémetro y trasladar la escala por medio de rolete hasta que indique la distancia conocida a que se ha hecho coincidencia.

AJUSTE EN DISTANCIA POR INFINITO

Para efectuar un ajuste por infinito se procede como a continuación se indica:

- a) Enfoque los oculares y haga el ajuste de bisección o altura según corresponda.
- b) Seleccione un blanco en el infinito, tal como la Luna, estrellas y ponga en uso las lentes astigmatizadoras. No se debe hacer este ajuste con el Sol.
- c) Ponga la escala de distancias en infinito.
- d) Con telémetros de prisma de corrección haga la coincidencia de las medias imágenes o de la imagen con el plano de la marca de medición por medio del rolete de corrección. Tome cinco lecturas y promédíelas.

- e) Coloque el promedio de las lecturas en la escala del prisma de corrección.
- g) En telémetros que no tienen prisma de corrección, varíe la posición relativa de la escala de distancias y prisma de medición, hasta que la distancia marcada sea la verdadera, es decir que coincidan las imágenes, o la imagen y la marca de medición estando la escala en infinito.

AJUSTE INTERNO

El tercer método para efectuar el ajuste de corrección en distancia es por ajuste interno. Primero daremos una ligera idea de lo que consiste el sistema de ajuste interno y después una ligera descripción sobre las distintas clases de sistema de ajuste interno y normas generales para efectuar este ajuste, ya que todos los sistemas de ajuste interno se basan en un mismo principio y el procedimiento es el mismo con algunas variantes dependientes de la clase de sistema de ajuste interno que tenga el telémetro.

El sistema de ajuste interno es un medio por el cual se puede efectuar la corrección en distancia del telémetro, sin necesidad de distancias conocidas ni de blancos en el infinito, pero mediante este sistema se hacen llegar a los objetivos del telémetro rayos luminosos semejantes a los provenientes del infinito, es decir rayos paralelos entre sí. Lo que se consigue, haciendo llegar a los objetivos los rayos luminosos procedentes de una figura geométrica, línea, medio círculos, rombo, etc., situado dentro del tubo exterior del telémetro y q' han sido iluminados con luz artificial o natural según el tipo de telémetro y para llegar a los prismas pentagonales pasan por unos prismas de ajuste que son colocados delante de los prismas pentagonales, al accionar la palanca de ajuste interno, al mismo tiempo que se cierran las ventanas por medio de unos obturadores conectados a este sistema.

La imagen o imágenes del sistema de ajuste interno se forman en el interior del telémetro en condiciones iguales a una que proviene de un blanco en el infinito, es decir que si el telémetro está con su escala de distancias en in-

finito las imágenes estarán en coincidencia o en el mismo plano que la marca de medición en los telémetros estereoscópicos. Si no lo están bastará trasladar el prisma hasta efectuar esa condición y si el telémetro tiene el otro tipo de corrección en distancia se debe efectuar el correspondiente traslado de la escala de distancias, tal como en el ajuste por infinito.

Las principales clases de sistemas de ajuste interno son las siguientes:

- A) Centro luminoso de colimación.
- B) Sistema de doble colimador.
- C) Tipo cuadrado óptico.

Todos ellos son parecidos pero con algunas variantes. El sistema de centro luminoso de colimación consiste en proyectar a una imagen luminosa, generalmente una línea, la cual debe verse equidistante entre dos marcas de referencia cuando el telémetro está ajustado correctamente y la escala en infinita. Moviendo el mecanismo de corrección en distancia se pone equidistante esta marca móvil. En los telémetros a coincidencia la media imagen dada por el campo inferior se debe ver equidistante entre las marcas de referencia del medio campo superior y viceversa. Mientras que en los estereoscópicos consiste en hacer coincidir esta marca con un blanco de ajuste y observar separadamente con cada ojo el valor de la corrección y poner el promedio.

El sistema de doble colimador es una variante del anterior y prácticamente consiste en hacer la operación anterior dos veces, es decir, hacer un ajuste separado para cada sistema óptico poniendo una corrección de distancia promedio. Por medio de una llave se proyecta separadamente la marca de ajuste del sistema óptico derecho o izquierdo.

El sistema de cuadrado óptico se diferencia de los anteriores que en lugar de ser blanco de ajuste, una sola imagen está formado por dos medias imágenes que se hacen coincidir por medio del rolete de corrección de distancias.

El procedimiento para efectuar un ajuste interno es el siguiente:

- a) Hacer el enfoque, ajuste de bisección o altura según corresponda.
- b) Colocar la escala de distancia en infinito.
- c) Usar el sistema de iluminación correspondiente.
- d) Colocar el sistema de ajuste interno en condición de servicio, lo que lleva consigo cerrar obturadores y colocar los prismas de ajuste interno.
- e) Efectuar el ajuste de acuerdo con las instrucciones correspondientes al sistema de ajuste interno que tenga el telémetro.
- f) Anotar la lectura correspondiente y efectuar el ajuste cinco veces, promediando las lecturas correspondientes y colocar la escala de corrección en el valor del promedio.
- g) Quitar los prismas auxiliares y obturadores.
- h) Quitar el sistema de iluminación

INSTRUCCION DEL PERSONAL

De los párrafos anteriores vemos que el telémetro es un aparato delicado, por lo tanto debe estar confiado a un personal capaz y eficiente, para lo cual es necesario que este personal sea seleccionado y entrenado. Lo último es efectuado en otras Armadas en las Escuelas de Telemetría, de modo que las unidades de la escuadra no forman personal sino que lo reciben ya preparado teórica y prácticamente.

La selección del personal de telemetristas comprende tres fases: la primera fase es la elección del personal en un número mayor del que va a recibir instrucción. Esta elección es hecha a bordo, teniendo en cuenta las aparentes cualidades de los individuos para poder desempeñarse con éxito en esta especialidad, afición, factores físicos, de ocupación y trabajo habitual a bordo.

Teniendo en cuenta los anteriores puntos de vista, se han de escoger individuos diligentes, de fácil comprensión, cualidades físicas aparentes, especialmente se tendrán en cuenta su capacidad visual, así como también se deberán rechazar los que ordinariamente sufran de enfermedades del estómago, especialmente de dispepsia por producir

esta enfermedad perturbaciones en las cualidades ópticas del individuo, tampoco se han de escoger individuos que por la naturaleza del trabajo tengan una vista cansada; tales como furrieles o copistas de mensajes en estaciones de radio o señales.

Este personal elegido es pasado a un examen médico de acuerdo con las especificaciones para la selección de telemetristas. En este examen no sólo se debe tener presente que se trata de obtener individuos aptos para telemetristas, sino que se trata de seleccionar a los que tengan mejores cualidades visuales, haciendo pruebas sobre su agudeza visual, visión distinta, astigmatismo, daltonismo, etc. Una vez que el personal ha sido seleccionado físicamente, pasa a la tercera etapa que es un período de prueba y selección final que forma parte del curso y el cual se hace con ayuda de diversos aparatos para entrenamiento que venden los fabricantes, y en ellos se les enseña a efectuar coincidencias, graduar dioptrías, determinar distancias interpupilares, darse cuenta de la visión estereoscópica y después se les hace pasar a aparatos mas perfeccionados que simulan condiciones reales de medición, con movimientos de blancos, condiciones de balance, etc. Toda la práctica que se efectúa en estos aparatos es registrada por escalas y graduaciones que dan idea exacta de la habilidad que demuestra el futuro telemetrista y facilitan una buena selección final del personal.

Antes de hablar de la forma en que se desarrolla un programa para instrucción de telemetristas diremos algo sobre la organización de las Escuelas de Telemetría. Naturalmente la amplitud y medios con que éstas cuenten serán función del desarrollo alcanzado por la marina, es decir de la capacidad económica del país. Pero hablando de una manera general, debe reunir ciertos requisitos de ubicación, material y personal. La ubicación es factor de importancia, pues se debe elegir bahías extensas, de modo que den campos telemétricos de extensión con una profundidad media de unos 20 kilómetros; además deben tener blancos a distintas distancias, no solo marinos sino terrestres y