ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS

SEMINARIO DE GRADUACIÓN:

"Solución completa a partir de la observación de un astro, para el ploteo de una recta de altura, usando el almanaque náutico y las tablas 229"

Previo a la obtención del Título de:

TECNÓLOGO PESQUERO

Ancón – Ecuador

2012

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN PESQUERÍA

Tesina:

EL SEXTANTE MARINO

Presentado por:
JOSE QUINDE M.
PAUL TOMALA G.

Bajo la dirección del Licenciado

Luis Zhingri Ortega

Ancón – Ecuador

2012

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi familia, por acompañarme en cada una de las locuras que he emprendido y ser siempre mis más fervientes hinchas .A mis padres, por todo lo que me han dado en esta vida, especialmente por sus sabios consejos y por estar a mi lado en los momentos difíciles.

A mi hermana María, quien me acompañado en silencio con una comprensión a prueba de todo. A mi "Mamá" Maura quien con su simpleza me ha ayudado a encontrar la luz cuando todo es oscuridad. A mis tíos Johnny y Leticia por estar siempre dispuestos a ayudarme.

JOSE LEONARDO QUINDE MERO

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, al brindarme los medios necesarios para continuar mi formación como profesional, y siendo un apoyo incondicional para lograrlo ya que sin él no hubiera podido.

A mi padre que ya partió a la presencia del Altísimo, dedicarle este presente documento quien permanentemente me apoyo con su espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos y que al brindarme con su ejemplo a ser perseverante y darme la fuerza que me impulsó a conseguirlo.

A madre y hermanos que me acompañaron a lo largo del camino, brindándome la fuerza necesaria para continuar y momentos de ánimo así mismo ayudándome en lo que fuera posible, dándome consejos y orientación, estoy muy agradecido especialmente a mi mamá y mi hermano gracias.

PAUL ANDRES TOMALA GONZABAY

AGRADECIMIENTO

En esta oportunidad quiero agradecer primeramente a Dios por haber tenido la bendición de estudiar y de poder terminar ciclo de educación con felicidad. Segundo quiero agradecer a mis padres, quienes me han sabido orientar, guiar, brindarme su respaldo y dedicación para poder culminar mi tesina, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral porque nos estamos formando futuros profesionales de nuestro país, le agradezco infinitamente a todos los profesores y al coordinador porque gracias a ellos he logrado captar sus enseñanzas en el salón de clases que me van a servir en mi formación tanto laboral como personal.

JOSE LEONARDO QUINDE MERO

AGRADECIMIENTO

En primer lugar doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para terminar mi estudio como Tecnólogo Pesquero.

Agradezco también la confianza y el apoyo de mi padre Andrés Tomalá que partió y desde el cielo me está guiando con su bendición, a mi mama Ana Gonzabay mi hermano Cristian, Soraya, Michel, y Neiva porque han contribuido positivamente para llevar a cabo esta etapa de mi vida.

PAUL ANDRES TOMALA GONZABAY

TRIBUNAL DE GRADO

ING. FRANCISCO PACHECO BEDOYA
PRESIDENTE

TNLG. ALBI CEDEÑO VERA
VOCAL PRINCIPAL

LCDO. LUIS ZHINGRI O.
PROFESOR GUÍA

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta **Tesina de Grado**, nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**"

JOSE LEONARDO QUINDE MERO

PAUL ANDRES TOMALA GONZABAY

RESUMEN

El "Sextante Marino" demuestra la representación de uno de los instrumentos más significativos del navegante en solucionar la posición con respecto a los astros en un determinado tiempo para ello se muestra cuatro unidades que acometen la representación. La Unidad I "Antecedentes del Sextante Marino" acomete sobre la historia, evolución, generación y modelos nos manifiesta que el sextante nos permite medir ángulos entre dos objetos tales como dos puntos de una costa o un astro - tradicionalmente, el Sol de la tierra- y el horizonte. Conociendo la elevación del Sol y la hora del día se puede determinar la latitud a la que se encuentra el observador.

La "Teoría del Sextante Marino" la cual está de forma investigativa la característica del sextante que se la menciona a continuación: Bastidor, Limbo, Arco, Brazo, Tornillo Tangente, Palancas de Soltura, Tambor Micrómetro, Vernier, Espejo del Horizonte, Espejos de Sombra, Telescopio y Mango, también se menciona : principio del sextante marino, principio óptico del sextante, leyes de la reflexión.

En "Errores del Sextante" concretamente tanto de los errores del instrumento ajustables, como de los errores del instrumento no ajustables. Y además encontraremos sus respectivas soluciones.

En el "Uso del Sextante Marino" encontramos: preparación de una observación, modos de observar la altura del sol, modos de observación de una estrella o un planeta, se da una detallada explicación de cada uno de estos temas que son muy importantes para el uso del sextante marino.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

UNIDAD I

1 ANTECEDENTES DEL SEXTANTE MARINO

1.1 HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL SEXTANTE

En la cultura occidental, hasta el siglo XIV, la navegación se limitó a la navegación costera.

Las culturas marítimas primitivas. Como la China, la Fenicia, la Polinesia o la Vikinga ciertamente hicieron navegación de altura (a mar abierto) pero no tenemos pruebas que usasen instrumentos de navegación.

Por otra parte, Chinos, Egipcios, Babilonios y Griegos descubrieron que podían relacionar su posición en la Tierra con la de las estrellas, midiendo la altura de las estrellas respecto al horizonte. En otras culturas (por ejemplo en la cultura islámica) se conocían técnicas de navegación de altura, que fueron usadas desde que el califa Al Mamun (813 a 839) creó la Casa de la Sabiduría de Bagdad, en la primera mitad del siglo IX donde se llevó a cabo la primera "medida de grado de meridiano" que se conoce, con ayuda de astrolabios. Los marineros usaban un artefacto llamado Kamal, que es esencialmente una tablilla rectangular de unos 5 x 10 cm (de madera o metal) por cuyo centro pasa una cuerda, ver (fig.1-1) Se hizo servir tanto para atravesar el Índico como los desiertos. Cuando se llegaba a la latitud del puerto a donde se quería ir, solamente hacía falta poner rumbo E o W.

Figura 1-1 Kamal. [i]

En la cuerda se hacían una serie de nudos, a la latitud de los puertos que eran más frecuentados. Por la parte inferior de la tablilla se miraba el horizonte y por la superior la estrella polar con la cuerda tensa y uno de los nudos tocando el ojo o entre los dientes, ver (fig.1-2).

Esta técnica, usada luego durante varios siglos en la cultura occidental, hasta que se pudo evaluar la longitud, era la de seguir un paralelo hacia el este o el oeste hasta encontrar tierra.

Aquello de "paralelo correr, tierra encontrar", y que ya había sido usada (en el hemisferio norte) por las tribus de micronesia, que localizaban la latitud de su isla haciendo dos agujeros en el cuello de una calabaza vacía, por los que divisaban la estrella polar y que previamente habían llenado con agua. Iban hacia el sur, y al regreso cada noche miraban la estrella del norte con la calabaza, el día que salía agua por el agujero sabían que habían de meter rumbo E o W para arrumbar a su isla.

El Kamal es de fácil uso, sobre todo en condiciones de mar adversas cuando no se pueden usar otros instrumentos.

Fue introducido en Occidente por Vasco da Gama a mediados del siglo XVI.

La época de los grandes viajes por mar, característicos del Renacimiento, se inició con la expedición del mallorquín Jaume Ferrer (1346), lamentablemente sin retorno, a la costa occidental del África ecuatorial para descubrir el Río del Oro.

Antes, el catalán Francesc Desvalers (1342) había hecho la primera expedición a las Canarias.

Según Millàs Vallicrosa (historiador de la Ciencia), estos viajes eran "viajes de altura" en el sentido que se usaba la altura observada de los astros para determinar (parcialmente) la situación del barco.

Ello fue posible porque ya se disponía de instrumentos suficientemente precisos (astrolabios y cuadrantes) con los que tomar alturas del Sol (o de algún otro astro) y de almanaques de efemérides mediante los que se podía conocer la declinación del Sol cada día, y, que sumada o restada a la altura meridiana, daba la colatitud.

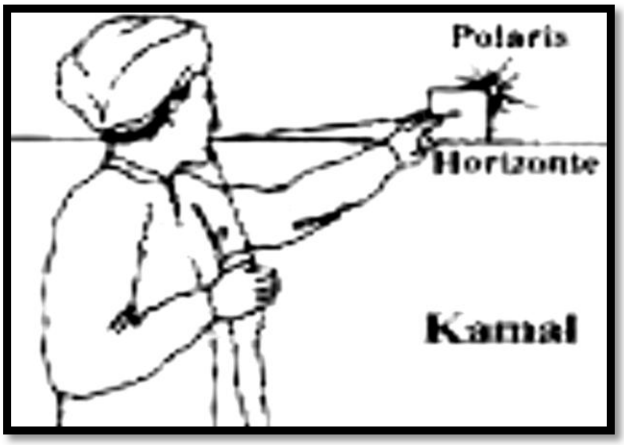


Figura 1-2 Uso del Kamal. [ii]

La posibilidad de navegar con la ayuda de los astros, (el Sol, la estrella Polar, la Luna...) hizo que los instrumentos de observación astronómica fácilmente transportables, se generalizasen entre los marinos mejor preparados.

Los primeros instrumentos náuticos de observación astronómica

La primera generación de instrumentos, fueron la "versión náutica" de los aparatos que ya se usaban en tierra, como por ejemplo el astrolabio (que significa literalmente buscador de astros) y el cuadrante.

El astrolabio náutico, ver (fig.1-3) era una versión simplificada y más pesada del astrolabio astronómico, que constaba de un círculo graduado con cuatro radios a 90º.

Figura 1-3 Astrolabio Náutico. [iii]

El diámetro vertical representa la línea cenit – nadir y el horizontal la línea del horizonte. El radio correspondiente al nadir tenía más material y servía de lastre, encima fig.1-3 del cenit había una anilla (o colgadero) para poder sostenerlo con el dedo.

Las estrellas se divisaban directamente a través de las pínulas, y el Sol tal como se indica en la fig.1-4

Parece ser que se empezó a usar en la mar hacia 1460, pero su uso no se masificó hasta principios del siglo XVI. Descrito por primera vez en las obras de Alonso de Chaves y Martín.

Cortés, a mediados del siglo XVI.

El segundo instrumento se adaptaba mejor a las condiciones

"inestables" de un barco en la mar y por eso se usó mucho más que el astrolabio.

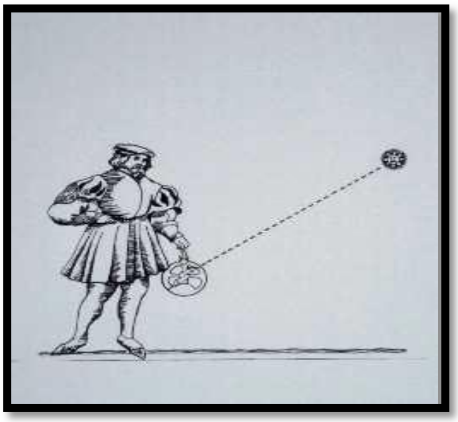


Figura 1-4 Uso del Astro Labio. [iv]

Así, por ejemplo, en los diarios de Colón hay frecuentes alusiones al cuadrante, pero nunca se menciona el astrolabio. Se sabe que se usaba ya antes de 1450 y se solían poner marcas para indicar fig.1-4 las latitudes de los puertos más importantes. Ver (fig.1-5).

Figura 1-5 Cuadrante. [v]

Para tomar medidas con el cuadrante hacían falta dos personas, una orientaba el instrumento y la otra hacía la lectura.

1.1.1 SEGUNDA GENERACIÓN DE INSTRUMENTOS DE OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA

La exigencia de alcanzar mayor precisión en las observaciones para tener una situación más fiable, dio origen a una segunda generación de instrumentos de medida.

Durante el siglo XVI fue corriente entre los marinos el uso de "la ballesta" o "báculo de Jacob" llamado así por ser usado por Jacob Ben Makir (los ingleses lo llaman "cross staff"), versión mejorada del "Kamal" árabe que parece de origen persa.

El matemático Avicena ya escribió sobre ella en el siglo XI, pero llegó a Europa de la mano del judío Levi ben Gerson (1342) que trabajó en la escuela de cartografía de Mallorca.

Consta de una vara recta, cuadrada de unos 75 cm de largo con escalas grabadas en sus cuatro caras por donde puede deslizarse una vara cruzada. Ver (fig.1-6).

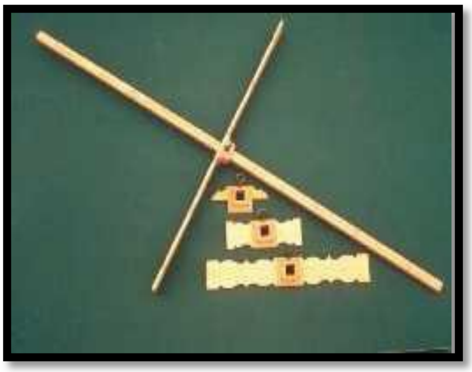


Figura 1-6 Ballesta. [vi]

Por el extremo inferior de la misma se observa el horizonte y por el superior, el astro. Ver (fig.1-7) Generalmente era de madera dura, (para evitar deformaciones) pero se ha conservado una de marfil.

Figura 1-7 Uso de la Ballesta. [vii]

Se hizo popular rápidamente entre los navegantes Ingleses y holandeses.

Representó un salto adelante importante en el arte y la fig.1-7 ciencia de navegar. Con ella podemos tomar alturas de astros y distancias angulares entre puntos en tierra.

El principal problema de "la ballesta" es que el observador ha de mirar en dos direcciones a la vez, al astro por la parte superior y al horizonte por la inferior.

Una de las modificaciones más utilizadas de "la ballesta" fue el "cuadrante de Davis" (el "back staff" de los ingleses). John Davis, (1552 – 1605) en su obra "The Seamen's Secrets" (1594) describe dos versiones del instrumento e insiste en la necesidad de obtener la mayor precisión posible en las medidas.

Figura 1-8 Cuadrante de Davis. [viii]

Consta de dos triángulos, el más largo está calibrado a 30º y el pequeño a 60º, podía medir ángulos de 90º y de ahí el nombre de cuadrante aplicado al artefacto. Ver (fig.1-8).

La mayor ventaja del cuadrante de Davis consiste en que el observador sólo ha de mirar en una dirección, y en observaciones al Sol, hacer coincidir la sombra de la pínula con el horizonte. Ver (fig.1-9).

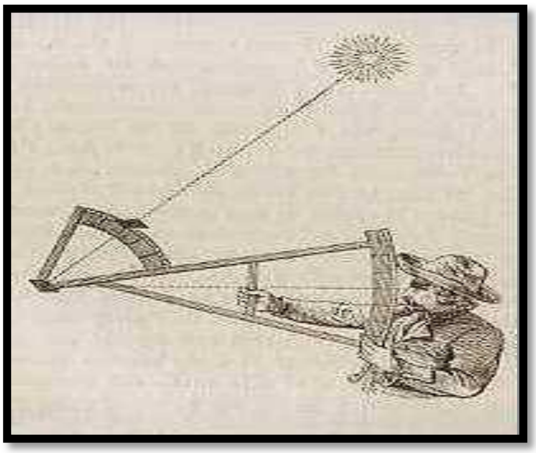


Figura 1-9 Uso del Cuadrante de Davis. [ix]

1.1.2 LA TERCERA GENERACIÓN, INSTRUMENTOS ÓPTICOS

La tercera generación, formada por instrumentos que incorporan ayudas ópticas a la visión, apareció durante la segunda mitad del siglo XVII, consecuencia de largos estudios de los primeros expertos en óptica aplicada.

Robert Hooke (1636 – 1703) presentó un informe a la "Royal Society" en 1666 en el que se describía "un instrumento nuevo para medir ángulos por reflexión lo cual es de gran utilidad para hacer observaciones exactas en la mar".

Lo probó Sir Edmund Halley durante un viaje pero por razones desconocidas el instrumento no prosperó.

Isaac Newton (1664 – 1727) propuso un instrumento con dos espejos para medir la distancia angular entre una estrella y la Luna (el "método de distancias lunares" para calcular la longitud).

Este "octante" de Newton, ver (fig.1-10) no se dio a conocer hasta el 20 de Mayo de 1731 en que Sir Edmund Halley (1665 – 1742) reveló su existencia a la "Royal Society".

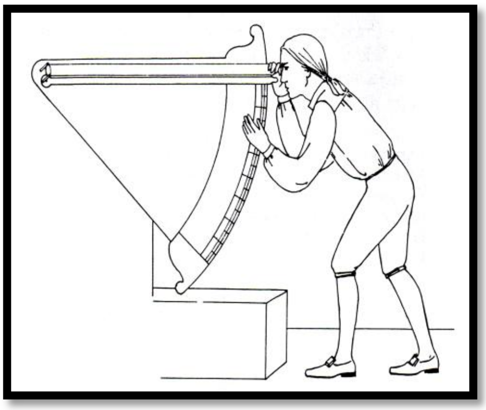


Figura 1-10 Octante. [x]

Los primeros octantes estaban hechos con trozos de latón, sólidos. Eran pesados y ofrecían mucha resistencia al viento.

Figura 1-11 Primeros Octantes. [xi]

En seguida se fabricaron instrumentos más ligeros, de madera, con el bastidor de nogal y escala de arce o de boj, que rápidamente fueron sustituidos por la caoba o el ébano para el bastidor, el marfil para la escala (material de larga duración, fácil de grabar, de color claro y en consecuencia fácil de leer) y radios de latón (1760) eran de grandes dimensiones (unos 45 – 50 cm) porqué la escala se había de calibrar a mano (Sissons John Bird fueron los mejores calibradores manuales) como se observa en (fig.1-11).

Los sextantes y los octantes son contemporáneos. El primer sextante conocido es del 1757 (construido por John Bird a instancias de John Campbell) como se observa en la figura anterior.

Los sextantes "nacieron" con óptica incorporada, a los octantes se les añadieron hacia el 1830.

La principal diferencia entre el sextante y el octante es que el sextante lleva un <u>nonio</u> con una lupa en la alidada.

La incorporación de un nonio a la armadura permitió mejorar la precisión hasta 1' y hacer instrumentos más pequeños. También se incorporaron vidrios de colores como filtros.

Muy pronto se empezaron a construir octantes de latón y hacia el 1780 se introdujo el tornillo de ajuste. El reto entonces, era fabricar armaduras ligeras, con poca resistencia al viento y con la mínima variación de dimensiones frente a los cambios de temperatura.

Figura 1-12 Octante con Tornillo de Ajuste. [xii]

Cuando Nevil Maskelyne (1764) publicó el método de distancias lunares, surgió la necesidad de un instrumento que pudiese medir ángulos de más de 120º y aparecieron los primeros sextantes (1757) fabricados bajo el mismo principio que el octante de Hadley y así llamados porque su limbo abarca 1/6 de círculo (60º).

En 1768 Jesse Ramsden inventó y perfeccionó una herramienta para hacer divisiones en el limbo, que se conserva en el Smithsonian Institution (Washington) y por la que ganó un premio del "British Board of Longitude" de 615 £ (euros), así se ganó en precisión y los sextantes se hicieron más económicos y más pequeños. Ver (Fig.1-13).

Figura 1-13 Sextante. [xiii]

1.2 EL CÍRCULO DE REFLEXIÓN

Durante la segunda mitad del siglo XVIII se desarrolló el círculo de reflexión (o círculo de repetición), un nuevo instrumento de reflexión, es la evolución natural del astrolabio náutico, con el que culminó la evolución de este tipo de aparatos desde la aparición del octante.

Diseñado por Tobías Mayer, en esencia, se trata de alargar el arco graduado a toda la circunferencia.

El círculo de reflexión fue el mejor aparato para observar distancias lunares, incluso mejor que el sextante, pero su volumen y su peso superiores, lo hicieron más incómodo.

Durante el último tercio del siglo XVIII su diseño sufrió diversas modificaciones de mano de Charles Borda y Edward Troughton, que lo hicieron más apreciado para hacer medidas y observaciones en tierra firme.

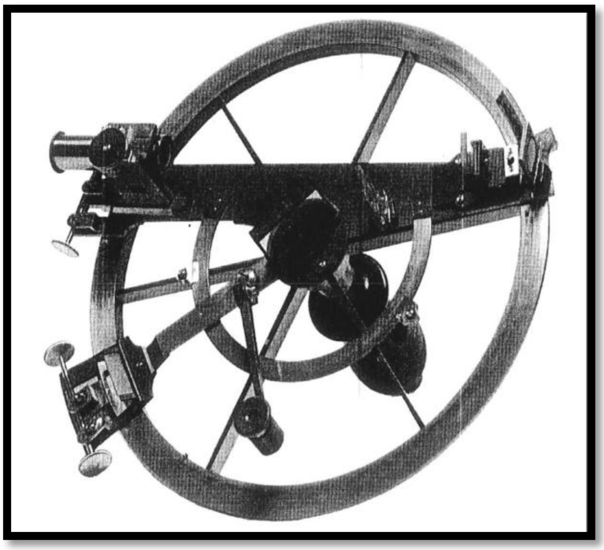


Figura 1-14 Círculo de Reflexión. [xiv]

1.3 MODELOS DE SEXTANTES

Se debe mencionar los modelos tradicionales (modelos antiguos), la mayoría prácticamente están hechos con base de madera, como sigue:

- Sextante Ingles
- Sextante de Latón Macizo
- Sextante Circular

1.3.1 SEXTANTES ANTIGUOS:

Sextante inglés en latón pulido, con escala y nonius con lupa para lectura del nonius, 1 telescopio y filtros, radio 10 cm. Procedencia de Inglaterra.

Figura 1-15 Sextante Inglés. [xv]

Sextante de latón macizo con base de madera, escala con nonius y lupa lectura, 1 telescopio y filtros, 17 cm radio. Procedencia de España.

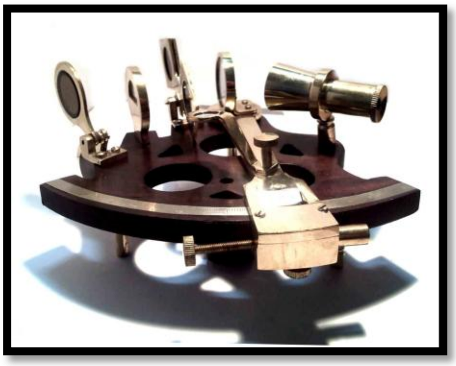


Figura 1-16 Sextante de Latón Macizo. [xvi]

Sextante circular fabricado en latón con 2 telescopios y 2 espejos, con filtros, y espejo central, 2 nonius para lectura con lupa, 18 cm diámetro. Procedencia de Inglaterra.

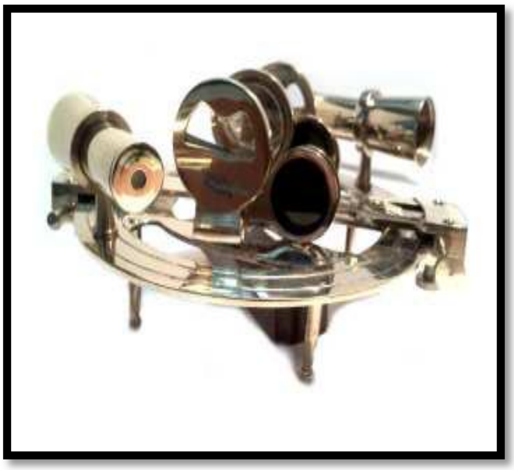


Figura 1-17 Sextante Circular. [xvii]

1.3.2 SEXTANTES ACTUALES:

Los diversos modelos actuales de Sextantes Marinos están fabricados para realizar el mismo objetivo, lo que se destaca es la sofisticación de cada uno, a continuación mencionamos varios de ellos.

- Sextante Mark 3
- Sextante Mark 15
- Sextante Mark 25
- GPS Aeronáutico de Mano

Sextante Mark 3 es un sólido sextante de formación muy económico. Aunque este modelo también ha sido utilizado en todo el mundo. Viene equipado con un arco de 18 cm y cuatro pantallas, y no provoca magnificaciones ópticas para ayudarle a encontrar los cuerpos celestes más tenues. Procedencia de España.

Figura 1-18 "Sextante Mark 3". [xviii]

Sextante Mark 15 que ofrece grandes prestaciones, incluyendo 7 pantallas grandes, un telescopio de 3 x 27 mm, y un tambor micrométrico de fácil lectura que monta un nonio. Tiene un arco de graduación de 18 cm de 120º a -5º y viene equipado con los espejos semi-plateados tradicionales. Procedencia de Londres.

Figura 1-19 "Sextante Mark 15". [xix]

Sextante Mark 25 lo máximo en la línea de sextantes de plástico Davis, el Mark 25 monta nuestro espejo Beam Converger, también conocido como "espejo de pleno campo visual". Al cual se le aplica un recubrimiento especial para aumentar la calidad óptica del cristal, permitiendo al usuario ver a través del cristal incluso las estrellas de brillo más tenue. Procedencia de Londres.

Figura 1-20 “Sextante Mark 25”. [xx]

UNIDAD II

2 TEORIA DEL SEXTANTE MARINO

2.1 CARACTERISTICAS DEL SEXTANTE

El Sextante Marino es el resultado geométrico de sexta parte de un círculo; el cual tiene una estructura de trece elementos tales como: Bastidor, Limbo, Arco, Brazo, Tornillo Tangente, Palanca de Soltura, Tambor Micrómetro, Vernier, Espejo Índice, Espejo del Horizonte, Espejos de Sombra, Telescopio y Mango.

Se debe mencionar también que hay diversos tipos de Sextantes Marinos pero que se basan en el mismo principio, y fabricados para el mismo objetivo.

Los sextantes pueden ser de madera, plástico y aluminio; la única diferencia es que unos son más sofisticados que otros; finalmente se hace una descripción de estos 13 elementos, como sigue a continuación:

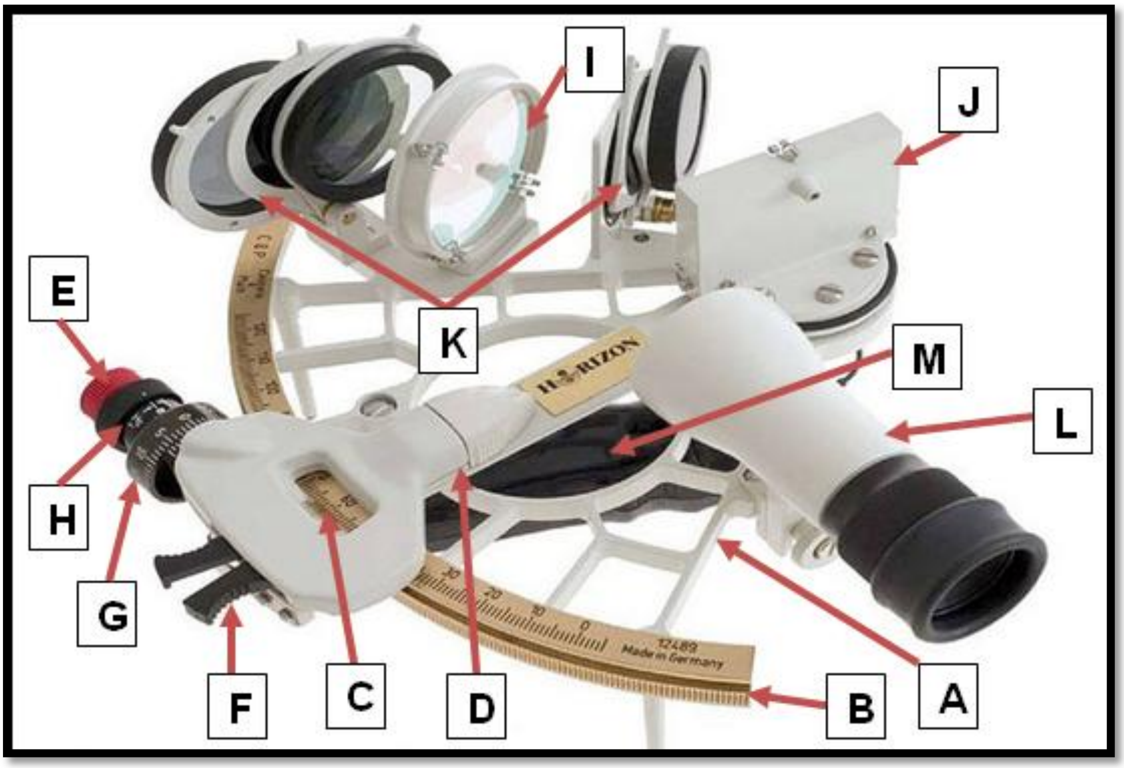


Figura 2-1 Descripción del Sextante. [xxi]

A El **Bastidor,** se construye de bronce o aluminio. Es la parte básica del sextante a la cual se adhieren todas las demás.

B El **Limbo,** es la parte de abajo del bastidor, de forma dentada donde trabaja el tambor del micrómetro.

C El **Arco,** se refiere a la graduación de arco sobre el limbo. Este arco está marcado sobre una tira de bronce, plata o platino, incrustada sobre un costado del limbo.

D El **Brazo,** indicador es una barra móvil que pivotea sobre el centro de curvatura del limbo, sobre la cual se fijan el espejo indicador y el tambor del micrómetro.

E El **Tornillo Tangente,** es un tornillo montado al final del eje del tambor del micrómetro engranando con los dientes del limbo. Girando el tambor se gira el tornillo tangente moviendo el brazo a lo largo del arco del sextante.

F Las **Palancas de Soltura,** son trabas actuadas por resortes que mantienen al tornillo tangente contra los dientes del limbo. Apretando la palanca se libera esto y se permite un rápido movimiento del brazo del sextante a lo largo del arco.

G El **Tambor Micrómetro,** esta graduado en 60 minutos de arco. Un giro completo del tambor desplaza el brazo un grado de altitud a lo largo del arco, permitiendo medir minutos de arco entre grados.

H El **Vernier**, adyacente al tambor y fijado al brazo permite medir décimas de minuto de arco.

I El **Espejo Índice,** es una pieza de vidrio plateado montado en el brazo, perpendicular al plano del instrumento y centrado en el pívot del brazo indicador.

J El **Espejo del horizonte,** está diseñado para sobre imponer el cuerpo observado en el horizonte visible. Está dividido en 2 mitades una espejada y otra transparente. Produce una imagen dividida con el horizonte en la parte clara y el astro en la parte plateada.

K Los **Espejos de Sombra** de diferente grado se montan en el bastidor enfrente del espejo indicador y del espejo del horizonte. Disminuyen la intensidad de la luz que llega al ojo del observador.

L El **Telescopio,** se desplaza con un aro de ajuste, en línea con el vidrio horizonte y amplifica tanto las imágenes directas o reflejadas.

M El **Mango,** que se construye en plástico o madera permite sostener el instrumento en la mano.

El Sextante es un instrumento portátil utilizado para medir la altura de los astros; también se emplea para medir ángulos horizontales formados por puntos de costa.

Una armadura metálica en forma de sector circular, cuyo arco se llama Limbo y esta graduado de derecha a izquierda, a la derecha del 0 continúa la graduación unos grados. Normalmente el ángulo del sector tiene unos 70, u 80°.

La graduación del limbo es doble que la del arco que comprende y, por eso, la graduación del limbo es de 0° a 140°, o 160°.

La alidada se puede afirmar al limbo, bien por un tornillo de presión o por un botón o palanca con muelle; con un tornillo de ajuste se dan pequeños desplazamientos a la alidada.

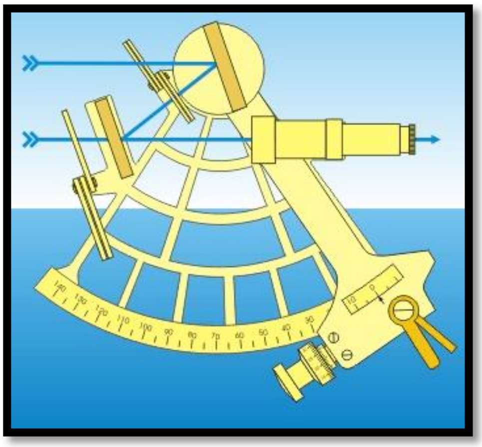


Figura 2-2 Desplazamiento de la Aliada A. [xxii]

Figura 2-3 Desplazamiento de la Aliada B. [xxiii]

El Espejo chico está fijo a la izquierda del sector, su superficie reflectora debe de ser normal al plano del sextante y estar orientado paralelamente a la alidada cuando el índice marca 0°.

El espejo chico está constituido por un cristal rectangular o circular dividido en dos partes, la mitad más próxima al plano del sector es azogada (espejo) y la otra mitad es transparente (cristal). El soporte de este espejo tiene dos tornillos, uno central y otro lateral, con los cuales se rectifica la posición de dicho espejo.

El Espejo grande esta solidario a la alidada, gira con ella siendo su centro de giro el centro del sector. El soporte de este espejo lleva solamente un tornillo para rectificar su posición.

En frente del espejo chico y a la derecha del sector está el collar o soporte del anteojo, el cual lleva un tornillo para alejar o acercar el anteojo al piano del sector. Normalmente el eje óptico del anteojo debe pasar por la línea que divide el espejo en mitad transparente y azogada. Actualmente los sextantes solo tienes un anteojo para observar estrellas y Sol.

Varios cristales de color están situados delante de los dos espejos, cristales se pueden girar para colocar delante de los espejos los necesarios la observación.

Un mango situado detrás del plano del sextante, nos sirve para coger cómodamente el instrumento durante la observación; dentro del mango suele llevar una pila para la iluminación de la graduación.

Si ponemos el índice de la alidada que marque cero y miramos a un astro por el anteojo, veremos dos imágenes del astro, una directamente a través la parte del cristal del espejo chico y otra imagen reflejada en los espejos grande chico.

2.2 PRINCIPIO DEL SEXTANTE MARINO

La teoría del sextante está basada en dos leyes de la reflexión de la luz:

1. El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

2. El ángulo incidente y reflejado están en el mismo plano, el cual es normal a la superficie reflectora.

Tomando como base estas leyes vamos a demostrar el principio óptico del sextante que dice: "Si un rayo de luz sufre dos reflexiones en el mismo plano, el ángulo que forma la primera y última dirección es igual al doble del ángulo agudo formado por las superficies de los espejos".

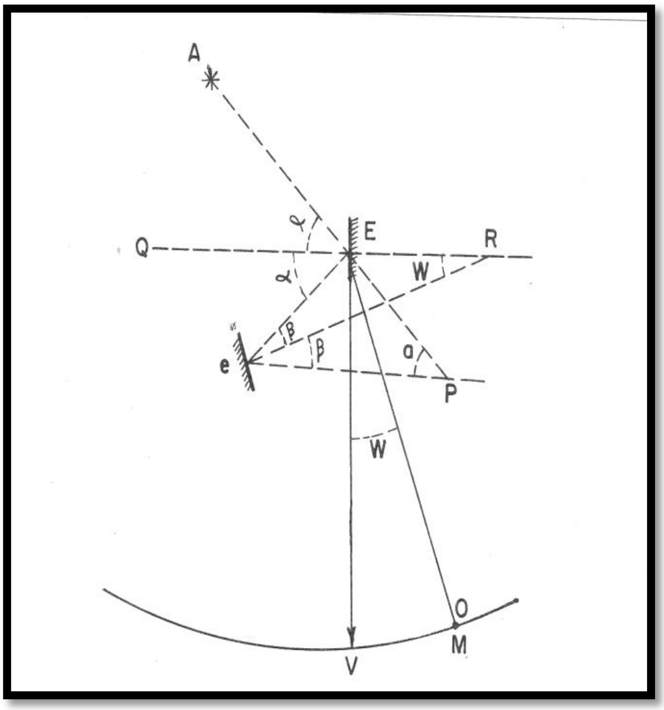


Figura 2-4 Teorías del Sextante está Basada en las dos Leyes de la Reflexión de la Luz. [xxiv]

En efecto: En el sextante, el plano en el cual se producen las dos reflexiones es paralelo al plano del sector circular o piano del limbo. El rayo que proviene del astro (A) llega a E (espejo grande) y se refleja formando con la normal (EQ) un ángulo (x) de incidencia igual al ángulo de reflexión; este rayo llega a la parte azogada del espejo chico (e) y se refleja formando con la normal (e R) un ángulo (β) de incidencia igual al ángulo de reflexión, por lo cual, después de esta reflexión, sigue la dirección (e P). En resumen, ha sufrido dos reflexiones en el mismo plano.

Vamos a ver que el ángulo **APe** a (altura del astro) formado entre la primera y la última reflexión es igual al doble del ángulo **ERe = ω** formado por las normales **(EQ)** y **(eR)** a tales superficies:

En el triángulo **EPe** el ángulo externo **AEe = 2α** resulta:

$2\alpha = 2\beta + a$

Análogamente, en el Δ ERe:

$\alpha = \beta + \omega$

Multiplicando por 2 y restando de la anterior resulta:

$0 = a - 2\omega$ o sea $a = 2\omega$

Puesto que el espejo chico es paralelo al grande cuando la alidada marca 0°, suponiendo el 0 en M, resulta que el ángulo ω es igual al ángulo MEV y, por tanto, para conocer el ángulo (a) basta medir el arco MV y multiplicarlo por 2.

Para evitar tal multiplicación, el limbo está graduado en el doble del arco, o sea, que el arco de medio grado se toma como un grado, ésta es la razón por la cual el arco de amplitud 30°, por ejemplo, esta graduado en 60°, obteniendo directamente la altura (a) al leer en el limbo la graduación correspondiente al extremo (V) de la alidada.

2.2.1 PRINCIPIO ÓPTICO DEL SEXTANTE

En la figura 2-5 está ilustrado el principio óptico del sextante como una sólida línea que representa el paso de un rayo de luz entrante de un cuerpo celeste que ha sido observado. El instrumento está construido en tal forma que el ángulo **BDC** entre el cuerpo y el horizonte siempre es igual en valor a 2 veces el ángulo entre el espejo índice y el espejo del horizonte, ángulo **BGC**, el que se mide a lo largo del arco del sextante. Así un arco que abarque un sexto de un círculo puede ser graduado de tal forma que se lean hasta 120°. El arco del sextante naval estándar de la marina se extiende ligeramente más allá de un sexto de un círculo, de tal manera que se pueden medir ángulos hasta 145°.

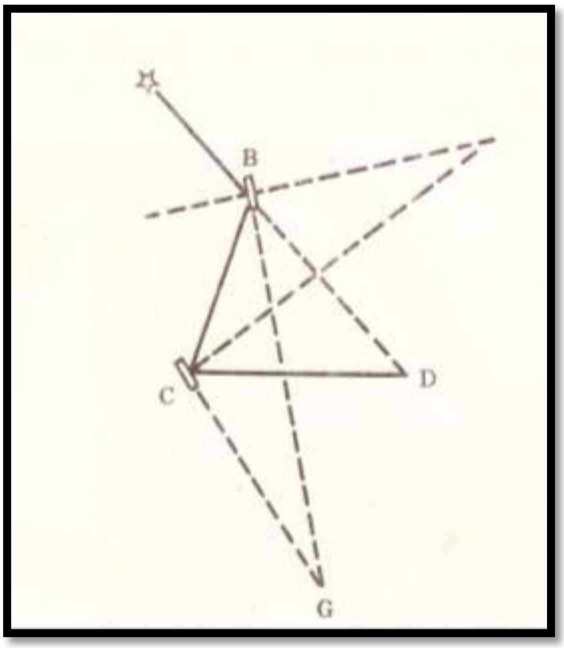


Figura 2-5 Principio Óptico del Sextante. [xxv]

2.2.2 LEYES DE LA REFLEXION

Cuando un rayo incide sobre una superficie plana, pulida y lisa y rebota hacia el mismo medio decimos que se refleja y cumple las llamadas "leyes de la reflexión".

- ***El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.***

El rayo incidente forma con la normal un ángulo de incidencia que es igual al ángulo que forma el rayo reflejado con la normal, que se llama ángulo reflejado. La normal es una recta imaginaria perpendicular a la superficie de separación de los dos medios en el punto de contacto del rayo.

Estos ángulos miden todos 30° por lo que es la tercera parte de 90° que es lo que mide una parte plana de 90° compartido por la línea normal.

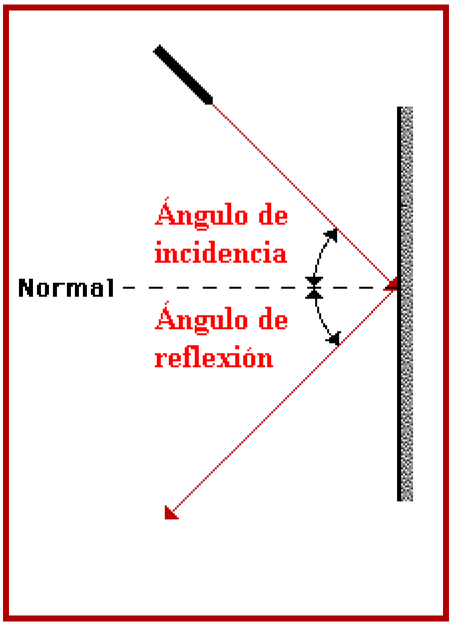


Figura 2-6 Angulo de Incidencia y Reflexión. [xxvi]

- ***El ángulo incidente (i) y reflejado (r) están en el mismo plano, el cual es normal a la superficie reflectora con un ángulo igual a 30°.***

La parte reflejada tiene que ser una superficie plana. El mismo rayo reflejado que baja y que sube tienen los dos el mismo ángulo.

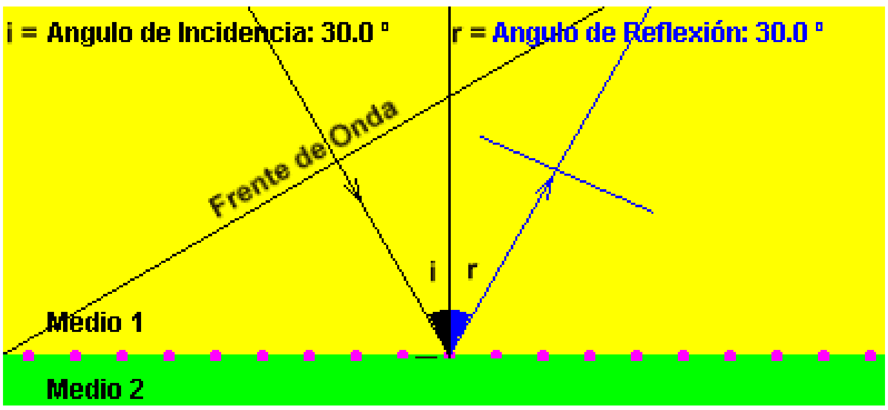


Figura 2-7 Ángulos Iguales en el Plano. [xxvii]

UNIDAD III

3 ERRORES DEL SEXTANTE

3.1. Los errores del instrumento ajustable

3.2. Los errores del instrumento no ajustables

Hay 7 fuentes principales de este que se llama **error del instrumento**, en el tambor micrométrico del sextante. De estos 7, se ajustan 4 y 3 no se ajustan.

3.1 LOS ERRORES DEL INSTRUMENTO AJUSTABLES

- ***Error de falta de perpendicularidad del marco y el espejo índice.***

Se debe a que el espejo grande no es perpendicular al plano del bastidor.

SOLUCION: Se comprueba poniendo el sextante plano encima de una mesa, se mueve la alidada hasta que la línea de frenos marque aproximadamente 45º 50 º.

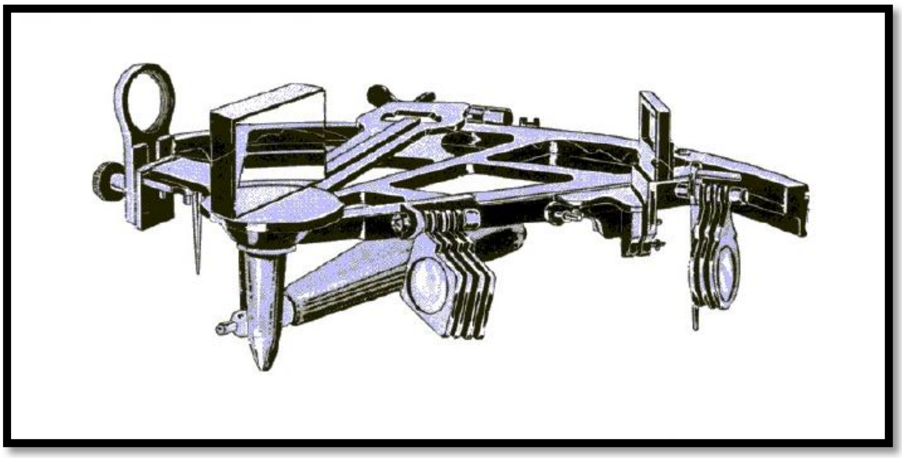


Figura 3-1 Sextante – Espejo Índice. [xxviii]

Con el ojo a la altura del espejo índice, se mira el limbo y se mueve la alidada poco a poco.

Se ve la parte del limbo que nos queda a la derecha directamente y también por reflexión a través del espejo.

Sí el arco real y el reflejado se confunden en una sola línea continua como en la figura 3-3 B no hay error de perpendicularidad.

Si hay un salto, como en la figura 3-2 A, hay error, y se ha de corregir moviendo suavemente los tornillos que hay en la parte posterior del espejo (en sextantes antiguos hay que sacar el espejo del marco y rellenar la base hasta conseguir la perpendicularidad).

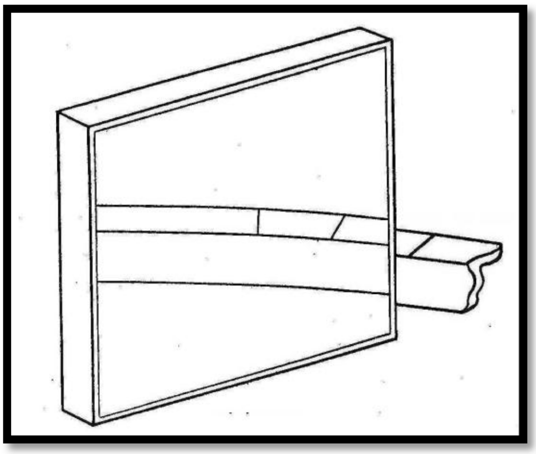


Figura 3-2 Espejo Índice A. [xxix]

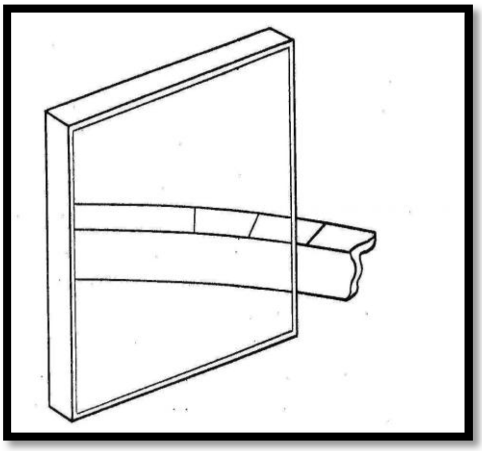


Figura 3-3 Espejo Índice B. [xxx]

- ***Error de falta de perpendicularidad del marco y el espejo del horizonte.***

Es originado por falta de perpendicularidad del espejo horizonte con el bastidor.

SOLUCION: Para ver si hay error lateral, se ajusta la alidada a 0º y se enfoca el sextante al Sol, la Luna o una estrella brillante, (en algunos sextantes antiguos conviene escoger una estrella no demasiado brillante). También se puede enfocar un punto lejano.

Se hacen los ajustes finos necesarios hasta que las imágenes real y reflejada queden superpuestas.

Si las imágenes se superponen, no hay error, (Fig. 3-4 "B") si se ven una al lado de la otra hay error (Fig. 3-4 "A").

Este error se corrige moviendo suavemente el tornillo detrás del espejo pequeño (el más alejado del bastidor), e ir mirando hasta conseguir que las imágenes se superpongan.

Figura 3-4 Espejo del Horizonte con el Bastidor A. [xxxi]

Figura 3-5 Espejo del Horizonte con el Bastidor B. [xxxii]

- ***El espejo del índice no se encuentra paralelo con el espejo del horizonte, en la posición cero.***

Es debido a que los espejos no son exactamente paralelos cuando el índice de la alidada marca 0º.

SOLUCION: Se lleva el índice a 0º y miramos el horizonte con el sextante vertical (se puede mirar a un punto lejano). Si la imagen directa y la reflejada no coinciden, hay error.

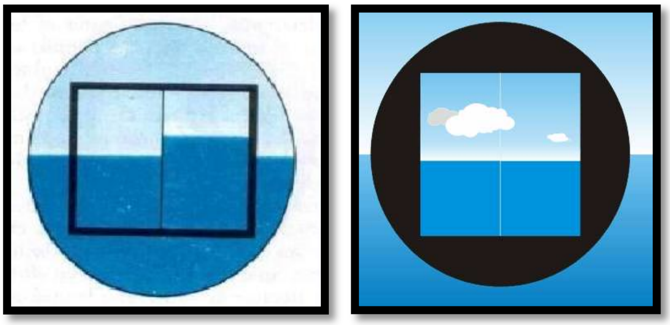


Figura 3-6 Espejo Índice con El Espejo del Horizonte. [xxxiii]

- ***El telescopio no se encuentra paralelo con el marco.***

3.2 LOS ERRORES DEL INSTRUMENTO, NO AJUSTABLES

- ***Error prismático,*** que ocurre por no existir paralelismo en las caras de los espejos opacos, espejo índice y espejo horizontal.

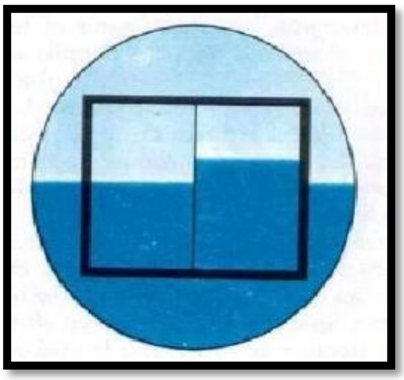


Figura 3-7 Error Prismático – Espejo Índice A. [xxxiv]

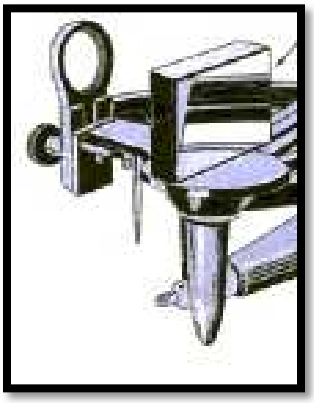


Figura 3-8 Error Prismático - Espejo Índice B. [xxxv]

SOLUCION: Ya que es un error de fábrica el fabricante ha incorporado la corrección del mismo en la caja detalladamente.

Figura 3-9 Solución del Error de Prismático. [xxxvi]

- ***Error de graduación***, que resulta de una calibración defectuosa de las escalas del arco, tambor micrómetro o Vernier.

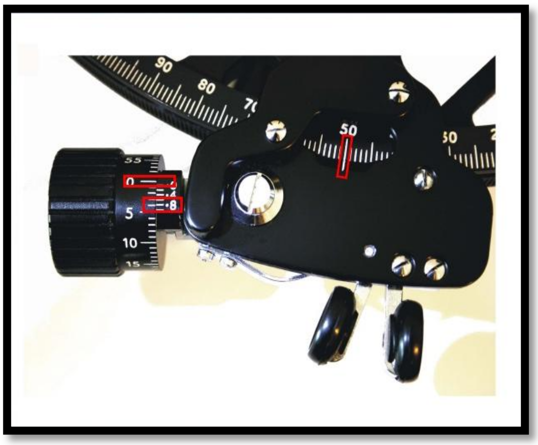


Figura 3-10 Error de Graduación. [xxxvii]

SOLUCION: Ya que es un error de fábrica el fabricante ha incorporado la corrección del mismo en la caja detalladamente.

- ***Error de centrado***, como resultado de que el brazo índice no se encuentra pivoteando en el centro exacto de curvatura del arco.

Figura 3-11 Error de Centrado. [xxxviii]

SOLUCION: Ya que es un error de fábrica el fabricante ha incorporado la corrección del mismo en la caja detalladamente.

UNIDAD IV

4 USO DEL SEXTANTE EN NAVEGACION ASTRONOMICA

4.1. Preparación de una observación

4.2. Modo de Observar la Altura del Sol

4.3. Modos de Observación de una Estrella o un Planeta

4.1 PREPARACIÓN DE UNA OBSERVACIÓN

1. Limpiar los espejos, filtros y anteojo (suavemente, con los paños adecuados y sin presionar demasiado para no desajustarlo).

2. Graduar el anteojo a vuestra vista (de día con el horizonte o con un objeto lejano y de noche con una estrella y centrarla con el espejo de horizonte).

3. Escoger el lugar de observación (protegido del viento y lejos de focos de aire caliente para evitar refracciones anómalas).

Con horizontes brumosos se observara desde un sitio bajo y si hay oleaje o balances fuertes hay que observar desde un sitio alto.

4. Comprobar el error de índice y corregirlo (si hace falta; retocando el ajuste de los espejos) o anotarlo.

5. Como norma general, no se observaran astros con alturas menores de 15º (evitar error de refracción) ni superiores a 65º (evitar error de tangenteo).

4.2 MODO DE OBSERVAR LA ALTURA DEL SOL

Como es muy difícil observar la altura del centro del disco solar, o sea, hacer coincidir el centro del Sol con el Horizonte, lo que se hace es obtener la altura del limbo inferior del Sol o la altura del limbo superior; siempre que se pueda se observara la del limbo inferior.

Antes de observar se ponen delante de los espejos los cristales de color necesarios para igualar el brillo del Sol y horizonte.

En la observación lo primero que se hace es bajar la imagen reflejada del Sol al horizonte, es decir, que mirando por el anteojo al horizonte veamos también la imagen del Sol, esto podemos realizarlo de las formas siguientes:

1. Se pone la alidada en cero, miramos por el anteojo al Sol, con lo cual veremos dos imágenes del astro. Movemos la alidada, girando al mismo tiempo el sextante para no perder la imagen reflejada; cuando nos aparezca el horizonte se afirma la alidada.

2. Miramos por el anteojo al horizonte en la parte más brillante (que corresponderá con el vertical del astro) movemos la alidada hasta que aparezca el Sol en el campo del anteojo; si el sextante no materializa el vertical, no veremos la imagen del astro, pero nos aparecerá un brillo mayor, moviendo el sextante a la derecha o izquierda veremos al Sol y afirmamos la alidada.

3. Si conocemos la altura aproximada del Sol, ponemos en la alidada está altura; al mirar por el anteojo al horizonte en la dirección del astro nos aparecerá el Sol cerca del horizonte y sujetamos la alidada.

Aproximadamente podemos conocer una altura sabiendo que el puño cerrado con el brazo extendido abarca unos 8°, llevándolos desde el horizonte al Sol nos da una altura aproximada.

Una vez bajado el Sol al horizonte por uno cualquiera de los tres procedimientos anteriores, se calcula la tangencia del Sol oscilando el sextante por medio de un giro de la muñeca; con ello la imagen del astro describe un arco de circunferencia y con la alidada se lleva a que el arco que recorre el limbo del Sol tangente el horizonte. Con esta operación hemos materializado el vertical pues se ha tornado la menor distancia angular entre el Sol y el Horizonte.

Algunos sextantes cuentan con un anteojo astronómico para observar el Sol, hay que tener cuidado porque este tipo de anteojo da la imagen invertida. A continuación explicamos cómo se hace el tangenteo con el anteojo terrestre y el astronómico.

a) Si se observa con un anteojo terrestre (imagen directa) la tangencia se hace como indica la figura 4-1; para observar el limbo inferior y la figura 4-2 cuando se observa el limbo superior.

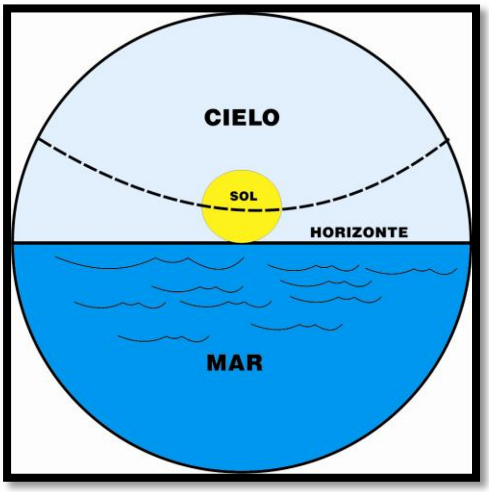


Figura 4-1 Observación limbo inferior del sol. [xxxix]

b) Si se observa con un anteojo astronómico (imagen invertida, o sea, cielo abajo y mar arriba) la altura del limbo inferior se hace como indica la figura 4-1 y la del limbo superior como se representa en la figura 4-2.

Es conveniente observar siempre el limbo inferior, porque el disco solar aparece proyectado sobre el Cielo y se aprecia mejor el contacto con el horizonte. Solo se observara el limbo superior cuando el otro este cubierto por nubes.

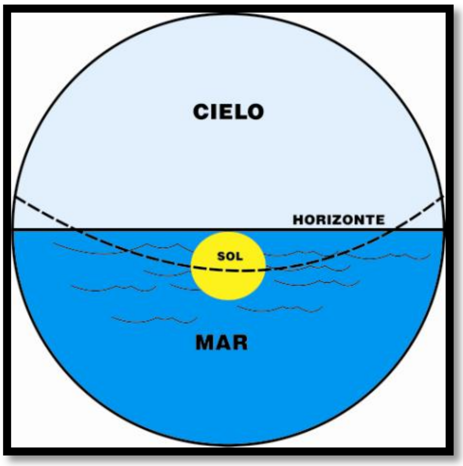


Figura 4-2 Observación limbo superior del Sol. [xl]

En las observaciones de Sol hay que tener en cuenta que por la mañana el Sol sube en altura y, por tanto, la imagen del astro se aleja de la mar; en cambio, por la tarde sucede lo contrario, el Sol se mete en la mar.

4.3 MODO DE OBSERVACIÓN DE UNA ESTRELLA O UN PLANETA.

Las estrellas y planetas, por verse a simple vista come, puntos luminosos, se observan de la misma manera.

Estas observaciones se suelen hacer durante los crepúsculos por verse bien el horizonte y las estrellas o planetas. Normalmente se observan antes de la salida del Sol entre el principio del crepúsculo náutico y principio del civil y después de la Puesta de Sol entre el fin del crepúsculo civil y final del náutico, horas dadas en el A. N. para use de los navegantes.

Para bajar la estrella o planeta al horizonte distinguiremos los casos siguientes:

1. Si hemos elegido con anterioridad las estrellas que nos conviene

observar, conoceremos aproximadamente la altura y el Azimut. Ponemos esta altura en la alidada del sextante y mirando por el anteojo al horizonte en la dirección del azimut nos aparecerá la estrella. Actuando de esta forma veremos las estrellas y planetas en el sextante antes de verlas a simple vista.

2. Si la estrella es la Polar, pondremos en el sextante la latitud de estima y observaremos por el anteojo en la dirección del Norte verdadero.

3. Si desconocemos la altura del astro, conviene bajarla al horizonte según las normas siguientes:

a) Si la estrella o planeta se ve bien y la altura no es demasiado grande, ponemos la alidada en cero y bajamos el astro al horizonte desplazando la alidada y al mismo tiempo girando el sextante para no perder la imagen del astro; cuando aparezca el horizonte, fijamos la alidada al limbo y con el tornillo de ajuste llevamos el astro al horizonte.

b) Si la estrella esta alta y poco visible, es preferible llevar el horizonte al astro. Para ello ponemos el sextante vertical pero invertido (limbo hacia arriba) y mirando a la estrella o planeta por el cristal del espejo chico (sin anteojo o por fuera de él) se desplaza la alidada hasta que en la parte azogada aparezca el horizonte; a continuación damos vuelta al sextante y mirando al horizonte veremos la imagen del astro en el campo del anteojo. Con el tornillo de ajuste observamos la altura. Cuando el astro es poco visible, conviene acercar el anteojo al piano del sector, girando el tornillo del soporte.

4. Una vez bajado el astro al horizonte obtenemos su altura oscilando el sextante y llevando la imagen móvil de la estrella o planeta a que toque el horizonte (fig.4-1) con ello estamos materializando el vertical del astro en el instante de tocar el horizonte.

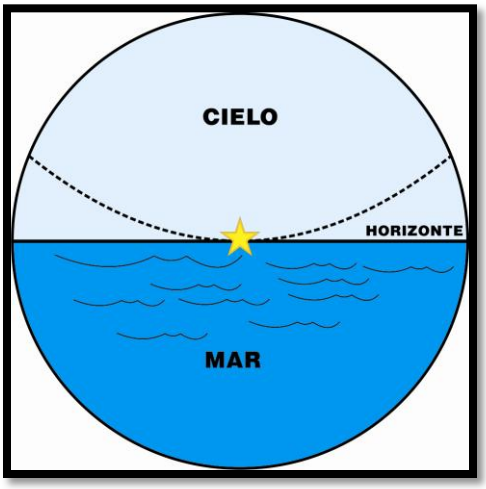


Figura 4-3 Una Estrella al Momento de Observación de Altura. [xli]

NOTA: Una observación precisa necesita de la cooperación de dos tripulantes; uno al sextante y un auxiliar encargado de leer el cronómetro y hacer las anotaciones.

Además una vez tomada la altura del astro o del planeta, y con la ayuda del Almanaque Náutico y la Tabla 229 podemos realizar una recta de altura, la cual nos indicaría la posición actual de nuestra embarcación.

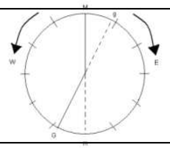
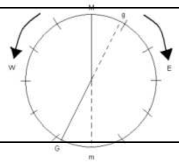
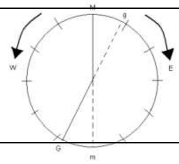
SightReduction using H.O. 229 Cus: Spd:							
Body							
IC		+	−	+	−	+	−
Dip (Ht)							
Sum							
Hs							
Ha							
Alt. Corr							
Add'l.							
H.P. ( )							
Corr. to ha							
Ho (ObsAlt)							
Date							
DR Lat							
DR Long							
Obs. Time							
WE (S+, F-)							
ZT							
ZD (W+, E-)							
GMT							
Date (GMT)							
Tab GHA	V						
GHA incr'mt.							
SHA or v Corr.							
GHA							
± 360 if needed							
a□ (-W, +E)							
LHA							
Tab Dec	D						
d Corr (+ or -)							
True Dec							
a Lat (N or S)			Same Cont.		Same Cont.		Same Cont.
DecInc	(±)d						
Hc (Tab. Alt.)							
Tens	DS Diff.						
Units	DS Corr.						
Tot. Corr. (+ or -)							
Hc (Comp. Alt.)							
Ho (Obs. Alt.)							
a (Intercept)			A/T		A/T		A/T
Z							
Zn (ºT)							

Figura 4-4 Tabla 229. [xiii]

CONCLUSIONES

Al término de este seminario nos hemos dado cuenta que es factible para nuestra carrera debido a que si nos inclinamos para trabajar en una embarcación pesquera tenemos conocimientos del uso de un sextante marino.

Además hemos conocido las diferentes partes que se compone un sextante marino, los errores que se pueden corregir y así mismo los que no se pueden corregir, también con la ayuda de la tabla 229 y de los astros podemos estimar la posición de nuestra embarcación.

Además este seminario nos ayudó a tener el conocimiento de la importancia de la utilización del sextante marino debido a que en altamar no sabemos los problemas con los que nos vamos a encontrar puesto a que puede haber una falla en el sistema eléctrico de la embarcación y no sabríamos la posición de la misma.

RECOMENDACIONES

Se deben tomar los siete errores del sextante marino de los cuales cuatro son ajustables y que pueden ser corregidos y los tres restantes no son ajustables.

Escoger el lugar de observación (protegido del viento y lejos de focos de aire caliente para evitar refracciones anómalas).

Graduar el anteojo a vuestra vista (de día con el horizonte o con un objeto lejano y de noche con una estrella y centrarla con el espejo de horizonte).

Limpiar los espejos, filtros y anteojo (suavemente, con los paños adecuados y sin presionar demasiado para no desajustarlo).

BIBLIOGRAFIA

Antecedentes del sextante:

- EL SEXTANTE [en línea]. London: Editorial Noray, 2007 <http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf> [2011, 20 de marzo].
- Rod Cardoza, El Sextante [en línea]. Inglaterra: Editorial Parninfo, 2004 <http://home.earthlink.net/~nbrass1/cardart.htm>[2011, 20 de marzo].
- Modelos de sextantes [en línea]. España: 2006 <http://www.libreriadenautica.com/items/sextante-davis-marine-mark-3-MSD-3.html>[2011, 20 de marzo].

Teoría del sextante:

- Mario Rodríguez, Elementos de la Navegación [en línea]. Cuba: Editorial Marine Board, 2004 <http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/elemnav/ElementosDeNavegacion2004.doc. > [2011, 23 de marzo].
- REFLEXION [en línea]. España: Editorial Lanic, 1998 <http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/reflex_Refrac/Reflexion.htm> [2012, 2 de marzo].

Errores del sextante:

- EL SEXTANTE [en línea]. London: Editorial Noray, 2007 <http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf> [2011, 23 de marzo].

Uso del sextante en navegación astronómica:

- EL SEXTANTE [en línea]. London: Editorial Noray, 2007 <http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf> [2011, 23 de marzo].

REFERENCIAS

Unidad I

[i] Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[ii] Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[iii] Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[iv] Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[v] Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[vi] Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[vii] Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[viii] Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[ix] Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[x] Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[xi] Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[xii] Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[xiii] Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[xiv] Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[xv] Tomada de la dirección electrónica: http://www.cartex.es/sextantes.pdf

[xvi]Tomada de la dirección electrónica: http://www.cartex.es/sextantes.pdf

[xvii]Tomada de la dirección electrónica: http://www.cartex.es/sextantes.pdf

[xviii]Tomada de la dirección electrónica:
http://www.libreriadenautica.com/items/sextante-davis-marine-mark-3-MSD-3.html

[xix]Tomada de la dirección electrónica:
http://www.libreriadenautica.com/items/sextante-master-sextant-mark-15-MSD-1.html

[xx]Tomada de la dirección electrónica:
http://www.libreriadenautica.com/items/sextante-davis-master-mark-25-MSD-2.html

[xxi] Tomada de la dirección electrónica:
http://www.google.com.ec/imgres?q=sextante&hl=es&sa=X&biw=1429&bih=648&tbm=isch&prmd=imvns&tbnid=bu4cbr1zaaKnUM:&imgrefurl=http://www.nauticexpo.es/prod/cassens-plath/sextantes-21864-

50596.html&docid=TpIAIQeDrPDkwM&imgurl=http://img.nauticexpo.es/images_ne/photo-g/sextante-50596.jpg&w=700&h=470&ei=UjLST5K3J8f22AX-qL

[xxii] Tomada de la dirección electrónica:

http://www.google.com.ec/imgres?q=el+sextante+de+plata&start=110&um=1&hl=es&biw=1429&bih=648&tbm=isch&tbnid=iFGRs03W7aG4lM:&imgrefurl=http://urbancidades.wordpress.com/2009/04/02/la-barra-y-los-puertos-de-la-ria-de-aveiro-1808-1932/&docid=H2Z5Fu5Ooy0qEM&imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f7/Using_the_sextant_edit1.gif&w=787&h=393&ei=r0rRT9fIBoHg2gXm67mEDw&zoom=1&iact=hc&vpx=471&vpy=265&dur=2598&hovh=158&hovw=318&tx=220&ty=87&sig=112320775290796775613&page=5&tbnh=88&tbnw=177&ndsp=28&ved=1t:429,r:16,s:110,i:147

[xxiii] Tomada de la dirección electrónica :
http://www.google.com.ec/imgres?q=el+sextante+moderno&num=10&um=1&hl=es&biw=1429&bih=648&tbm=isch&tbnid=ihZUtVunbH3oeM:&imgrefurl=http://es.ingenieriatopografica.wikia.com/wiki/Usuario_Discusi%25C3%25B3n:Sandra_Nallely_Gonz%25C3%25A1lez_Castillo&docid=KDSJn_ogeasjIM&imgurl=http://images.wikia.com/ingenieriatopografica/es/images/d/df/Sextante-51203.jpg&w=644&h=600&ei=YkfRT9nIFoS-2AWW29m-Dw&zoom=1&iact=hc&vpx=674&vpy=318&dur=96&hovh=217&hovw=233&tx=113&ty=161&sig=112320775290796775613&sqi=2&page=1&tbnh=143&tbnw=142&start=0&ndsp=21&ved=1t:429,r:17,s:0,i:119

[xxiv] Tomada del libro de Navegación 2: Celeste y Electrónica, Richard R. Hobbs.

[xxv] Tomada del libro de Navegación 2: Celeste y Electrónica, Richard R. Hobbs.

[xxvi]Tomada de la dirección electrónica:
http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/reflex_Refrac/Reflexion.htm

[xxvii]Tomada de la dirección electrónica:
http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/reflex_Refrac/Reflexion.htm

Unidad III

[xxviii]Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[xxix]Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[xxx]Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[xxxi]Tomada de la dirección electrónica:
http://www.nautica.com.br/colunas/viewcoluna.php?id=373

[xxxii]Tomada de la dirección electrónica:
http://www.nautica.com.br/colunas/viewcoluna.php?id=373

[xxxiii]Tomada de la dirección electrónica:
http://www.google.com.ec/imgres?q=el+sextante+de+plata&start=110&um=1&hl=es&biw=1429&bih=648&tbm=isch&tbnid=iFGRs03W7aG4lM:&imgrefurl=http://urbancidades.wordpress.com/2009/04/02/la-barra-y-los-puertos-de-la-ria-de-aveiro-1808-1932/&docid=H2Z5Fu5Ooy0qEM&imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f7/Using_the_sextant_edit1.gif&w=787&h=393&ei=r0rRT9flBoHg2gXm67mEDw&zoom=1&iact=hc&vpx=471&vpy=265&dur=2598&hovh=158&hovw=318&tx=220&ty=87&sig=112320775290796775613&page=5&tbnh=88&tbnw=177&ndsp=28&ved=1t:429,r:16,s:110,i:147

[xxxiv]Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[xxxv]Tomada de la dirección electrónica:
http://www.rodamedia.com/navastro/boufort/sextante.pdf

[xxxvi]Tomada de la dirección electrónica:
http://www.todocoleccion.net/sextante-henry-hughes-su-caja-original~x26324965

[xxxvii]Tomada del libro de Astronomía y Navegación: Primer Curso de Náutica, Moreu Curbera y Martínez Jiménez. Ex – profesores de la Navegación , Tomo I

[xxxviii] Tomada de la dirección electrónica:
http://www.google.com.ec/imgres?q=el+sextante+y+sus+partes&hl=es&sa=X&biw=1429&bih=648&tbm=isch&prmd=imvns&tbnid=2Vtit8wNmPXuFM:&imgrefurl=http://juandelacuerva.blogspot.com/2007_09_01_archive.html&docid=s26QELMfkKYBxM&imgurl=http://1.bp.blogspot.com/_QcPSRUCyrgg/Ru2LesAj00I/AAAAAAAAAtI/pKGQCEpmXZw/s400/sextante.jpg&w=400&h=360&ei=fDfRT9TNHYfC2QX6w4WhDw&zoom=1&iact=hc&vpx=384&vpy=320&dur=4078&hovh=213&hovw=237&tx=168&ty=149&sig=112320775290796775613&page=3&tbnh=138&tbnw=163&start=49&ndsp=28&ved=1t:429,r:1,s:49,i:228

xxxix Tomada del libro de Navegación 2: Celeste y Electrónica, Richard R. Hobbs.
xl Tomada del libro de Navegación 2: Celeste y Electrónica, Richard R. Hobbs.
xliTomada del libro de Navegación 2: Celeste y Electrónica, Richard R. Hobbs.

[xlii] Tomada del libro de Navegación 2: Celeste y Electrónica, Richard R. Hobbs.