ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Trabajo Fin de Grado

MÉTODOS DE RECONOCIMIENTO DE ASTROS PARA LA NAVEGACIÓN

(Star scouting methods for navigation)

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

Autora: María Pascual Cabañero

Director: Jose Iván Martínez García

Marzo - 2018

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Trabajo Fin de Grado

MÉTODOS DE RECONOCIMIENTO DE ASTROS PARA LA NAVEGACIÓN

(Star scouting methods for navigation)

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

Marzo – 2018

Este trabajo va dedicado a
mi abuela, mis padres y mis hermanos
por su apoyo incondicional,
pero sobre todo a mi tutor Iván
por sus conocimientos y su paciencia.

"Non est ad astra mollis e terris via"
No hay un camino fácil desde la tierra a las estrellas

RESUMEN

En este trabajo se tratarán de describir y explicar los diferentes métodos que podríamos utilizar a la hora de realizar el reconocimiento de un astro y a la hora de averiguar nuestra posición en la esfera celeste, así también como unas preparaciones previas a la hora de observar un cielo nocturno. Mediante la medición real de un astro se procederá a explicar el reconocimiento analítico con ayuda del sextante, mediante la utilización de tablas náuticas, el Identificador de astros, por medio de enfilaciones usando las constelaciones, y utilizando programas informáticos. Como herramienta de apoyo a nuestros cálculos en el reconocimiento, hemos desarrollado una hoja Excel muy interesante que hemos introducido en este trabajo y utilizaremos como complemento en algunos de los métodos. Se describirán brevemente algunos conceptos matemáticos y astronómicos, para que el lector pueda comprender los procedimientos empleados a la hora de realizar los ejemplos prácticos. También se explicarán los instrumentos necesarios para poder realizar las mediciones, así como todas las correcciones que deberemos aplicar a las medidas obtenidas para poder realizar correctamente nuestro reconocimiento y para poder calcular nuestra situación.

Palabras clave: Astronomía náutica, instrumentos náuticos, reconocimiento de astros, navegación astronómica, planisferios.

ABSTRACT

In this dissertation we will try to explain and describe the different methods that may be used at the time of observation and recognition a certain Astro, and positioning oneself in the celestial sphere. Just like in the implementation of the previous preparations at the time of observe a nocturnal sky. Through the means of identifying the Astro location, we will proceed to explain the analytical identification. We will be using the sextant, nautical tables, and the Star Finder. In addition software, and the identification with leading lines using constellations. As a tool to support our calculations in the identification, we have developed an Excel sheet which we have introduced to this work. We will

use it as a complement in some of the methods. There Will be some mathematical and astronomical concepts described briefly. The reader Will be able to understand the process all the while having practical examples. We will explain the necessary instruments to make accurate measurements and calculations, in order to make our identification correctly and being able to calculate the geographical situation.

Keywords: Nautical astronomy, nautical instruments, recognitions of stars, astronomical navigation, star finder.

ÍNDICE

OBJETO ..... - 1 -
1. INTRODUCCIÓN HISTORICA ..... - 2 -
2. LA OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA A BORDO ..... - 6 -
2.1. Instrumentos de medición de alturas ..... - 6 -
2.1.1. El cuadrante de alturas o cuadrante náutico ..... - 6 -
2.1.2. El astrolabio náutico ..... - 8 -
2.1.3. Ballestilla ..... - 9 -
2.1.4. Cuadrante de Davis ..... - 11 -
2.1.5. Octante ..... - 12 -
2.1.6. Sextante ..... - 13 -
2.2. Instrumentos para la medida del azimut ..... - 20 -
2.2.1. Errores en el Azimut ..... - 22 -
2.3. Instrumentos para la medida del tiempo ..... - 22 -
2.3.1. Cronómetro ..... - 22 -
2.4. Almanaque náutico ..... - 24 -
2.5. Otros instrumentos para el reconocimiento de astros ..... - 26 -
2.5.1. Naviesfera ..... - 26 -
2.5.2. Identificadores o Star Finders ..... - 27 -
3. LA ESFERA CELESTE ..... - 32 -
3.1. Líneas y Puntos Principales de la Esfera Celeste ..... - 32 -
4. COORDENADAS CELESTES DE LOS ASTROS ..... - 41 -
4.1. Coordenadas Horizontales ..... - 42 -
4.2. Coordenadas Horarias ..... - 37 -
4.3. Coordenadas Uranográficas Ecuatoriales ..... - 38 -
4.4. Relación entre las distintas coordenadas que se miden en el Ecuador . - 40 -
5. TRIGONOMETRÍA ESFÉRICA ..... - 35 -
5.1. El triángulo de posición ..... - 35 -
6. RECOMENDACIONES A LA HORA DE REALIZAR UNA OBSERVACIÓN . - 44 -
7. RECONOCIMIENTO DE UN ASTRO. EJERCICIOS PRÁCTICOS ..... - 47 -
7.1. Reconocimiento mediante el uso de las Tablas Náuticas ..... - 47 -

7.2. Reconocimiento mediante enfilaciones de las constelaciones más importantes y sus estrellas principales. ..... - 59 -
7.3. Programas Informáticos ..... - 63 -
7.4. Hoja Excel “PlanisferioElectrónico.xlsm” (Microsoft) ..... - 66 -
7.5. Reconocimiento analítico mediante el uso del Sextante ..... - 74 -
7.6. Reconocimiento mediante el uso del Star Finder ..... - 83 -
8. DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN ..... - 86 -
8.1. Situación por Rectas de Altura ..... - 86 -
8.1.1. Corte de 2 rectas ..... - 90 -
8.1.2. Corte de 3 rectas ..... - 92 -
9. CONCLUSIONES ..... - 96 -
AVISO RESPONSABILIDAD ..... - 127 -
BIBLIOGRAFÍA ..... - 127 -

OBJETO

Principalmente, se pretenden reflejar dos ideas. En primer lugar, la importancia de poder reconocer correctamente los astros que observamos en un cielo nocturno, no solo por un fin lúdico, sino por otras necesidades, como pueden ser: situar los puntos cardinales, establecer los rumbos correctamente y saber situarnos sobre una carta con una recta de altura de un astro desconocido, que por su posición nos viene bien para poder realizar el corte de situación. Por lo que con los diferentes métodos que se explican vamos a ser capaces de reconocer un astro de diferentes maneras, de modo que según la circunstancia en la que nos encontremos en un momento preciso, podremos optar por la más conveniente.

En segundo lugar, se pretende mostrar la importancia de no dejar en el olvido los métodos tradicionales, tales como la navegación astronómica, frente al uso de nuevas tecnologías, porque con el desarrollo del sistema de posicionamiento por satélite ha ido perdiendo el valor que tiene. Se pretende concienciar y enseñar de la importancia que supone saber usar correctamente los instrumentos de medición más “primitivos” como pueden ser el sextante, cronómetro y compás para que de esta forma un/a marino no tenga que depender únicamente de las nuevas tecnologías para poder navegar. Por esta razón quiero dejar claro que la hoja Excel desarrollada e introducida en el trabajo es meramente una ayuda a los demás métodos para poder realizar los cálculos con más rapidez, o como herramienta de comprobación a estos. La tecnología en el día de hoy nos ofrece, de forma fiable, poder navegar a cualquier parte del mundo sin tener que meternos en cálculos engorrosos, sin embargo, deberíamos saber navegar correctamente con los astros y no depender únicamente de aparatos eléctricos. Saber navegar con el cielo puede ser igual de preciso que navegar con instrumentos tecnológicos y sin duda es una garantía de seguridad añadida a bordo. En definitiva, a través de la hoja de cálculo desarrollada se busca simplificar enormemente el trabajo de la observación, con lo que el observador solo tiene que usar el sextante y todos los cálculos pasan a ser realizados por los programas informáticos.

1. INTRODUCCIÓN HISTORICA

Desde la más remota antigüedad, la astronomía y la observación del firmamento han estado presentes en nuestra historia para saber, la estación del año, los periodos de inundaciones, las épocas de cosecha, la hora, poder orientarnos, poder situar un barco en medio del océano, incluso (separándonos un poco del ámbito de la ciencia) poder adivinar el devenir del futuro y de la vida humana. Hemos pasado de ver el cielo con misticismo, perplejidad y connotaciones religiosas, a verlo de una forma mucho más racional permitiéndonos tomar conciencia de lo que somos y de nuestra situación en el universo.

Egipcios, cretenses, fenicios, griegos, cartagineses y romanos fueron los pueblos que durante la antigüedad dominaron el Mare Nostrum, primero haciendo navegación de cabotaje, y después, cuando aprendieron a identificar las señales del cielo para orientarse, haciendo navegación de altura.

La marina fenicia parece haber sido la primera en aplicar sus conocimientos astronómicos a la navegación, utilizando las estrellas circumpolares para conocer la dirección del norte. Estos sustituían la brújula por el conocimiento del movimiento diurno de los astros, y la distancia recorrida la estimaban con la práctica. Se cree que sabían calcular la latitud utilizando los astros como referencia, pero se desconoce el método. Por ello, este pueblo ha sido considerado el inventor del “arte de navegar”.

La astronomía, que se venía cultivando de forma rudimentaria desde los comienzos de la Historia, alcanzó un considerable grado de perfección en la antigua Grecia. Fueron los griegos quienes establecieron el sistema de coordenadas geográficas[1]. Pero no fue hasta el Renacimiento cuando se empieza a formar la visión moderna que tenemos hoy del firmamento. Europa sale del oscurantismo de la Edad Media y hombres como Copérnico con su teoría heliocéntrica, Johannes Kepler con su cinemática de los planetas y Galileo Galilei con sus observaciones astronómicas y teorías astrofísicas, entre muchos otros, desarrollan la astronomía moderna científica.

[1] Hiparco S.II a.C

El arte de navegar renacentista se caracterizó por la utilización de todos los recursos a disposición de los navegantes. La novedad más importante de la navegación oceánica fue la observación de la altura de los astros, ésta era, en resumidas cuentas, la determinación de la latitud geográfica. El valor de la latitud de un lugar se podía obtener tomando la altura del polo celeste (la estrella Polar en el hemisferio norte o la Cruz del Sur en el hemisferio sur) sobre el horizonte de ese lugar y de día tomando la altura de la meridiana del Sol[2]. En la época de Colón, al no saber la Longitud se navegaba por el principio de: *paralelo correr, tierra encontrar*, es decir, se determinaba la latitud midiendo la altura de un astro utilizando instrumentos como pueden ser el astrolabio, el nocturlabio, la ballestilla, el cuadrante, el octante, el sextante, entre otros, y entonces se navegaba rumbo este (E) u oeste (W) siguiendo el paralelo.

Hasta el momento no se sabía determinar la Longitud, porque para calcular esta debían ser capaces de medir el tiempo con suficiente precisión, y en aquella época todavía no existía ningún instrumento capaz de realizar esa medida. Calculaban la Longitud mediante el método del "punto estimado" mediante cálculos de estimas, pero daba lugar a muchos errores y unas consecuencias demasiado graves, como ocurrió en la catástrofe de 1707 en las islas Sorlingas[3]. Tras esta fatalidad, en 1714 el Parlamento Británico ofreció una recompensa de 20.000 libras esterlinas para quien hallase solución al problema y se fundó el famoso Decreto de la Longitud en Inglaterra, con un Consejo de la Longitud para que supervisase las propuestas.

El relojero inglés John Harrison (1693-1776), dedicó toda su vida a esta investigación y como resultado fabricó el cronómetro marino, su método consistía en saber simultáneamente la hora local y la hora en un punto de referencia cualquiera de longitud conocida, entonces la diferencia de longitud entre un punto de referencia y nuestra situación actual no es más que la diferencia de hora convenientemente expresada en grados. Su primer cronómetro marino fue el H-1 (1735), este fue todo un éxito, pero era

[2] Hora en la que el Sol se encuentra en el punto más alto del cielo.
[3] Destrucción de la flota de Sir Clowdisley donde murieron cerca de 2000 personas.

demasiado grande y pesado, además tenía un retraso de unos segundos en 24 horas, después fabricó el H-2 (1741), más pequeño y más exacto que el primero pero era más pesado también, entonces Harrison que buscaba una continua mejora a su invento fabricó el H-3 (1757), pero nunca se llegó a probar y el H-4 (1759) con tan solo un retraso de 5 segundos en 80 días, considerado el reloj más importante jamás conocido y concebido como la Mona Lisa de la horología[4]. Más tarde fabricó el H-5 (1770) muy similar al H-4 pero con un aspecto más austero. No fue hasta el S. XIX que el cronómetro pasó a ser un instrumento de uso cotidiano en la historia de la navegación. Sobel[5] hace una mención que define muy bien a Harrison, *"Luchó contra las estrellas para averiguar la posición de la Tierra, y encerró su secreto en un reloj de bolsillo"* (Sobel, 1997, p. 167)

El reloj celeste era el principal competidor de Harrison para obtener el premio de la longitud, el *"método de la distancia lunar"*[6], basado en la medición de los movimientos de nuestro satélite, suponía la única alternativa razonable a sus relojes. Ya en 1514, el astrónomo alemán Johannes Werner, propuso este método como solución al problema, su estudio se fundamenta en que la Luna recorre en una hora una distancia aproximadamente igual a su diámetro, la práctica de este método consistía en, tras hacer un estudio sobre la posición de las estrellas a lo largo del recorrido de la Luna y predecir cuándo pasaría nuestro satélite cerca de cada una de ellas, poder cotejar la hora a la que se viera la Luna cerca de una estrella dada con la hora a la que, según las previsiones, se produciría la misma conjunción en el cielo sobre el punto de referencia. Pero la inexistencia de instrumentos adecuados para realizar observaciones astronómicas precisas en alta mar, retrasaron durante mucho tiempo la puesta en práctica de este método. La parte más complicada del método era la reducción de la distancia observada a verdadera que requería el uso de tablas logarítmicas, también llamadas tablas de distancias lunares. Las primeras tablas lunares las introdujo el alemán T. Mayer[7] en el año 1755

[4] Ciencia de medir el tiempo.
[5] Dava Sobel (15 junio 1947 – Actualidad) Reportera, escritora y divulgadora científica estadounidense.
[6] Método fundamentado en la utilización del desplazamiento de la Luna respecto a las estrellas como un cronómetro universal.
[7] Tobias Mayer (17 febrero 1723 - 20 febrero 1762) Astrónomo y cartógrafo alemán.

que fue el primero en crear un conjunto de tablas lunares con la situación de la Luna a intervalos de doce horas. El principal problema de estas es que requerían demasiado tiempo, se tardaba alrededor de cuatro horas en calcular la hora con la esfera celeste. En 1767 N. Maskelyne[8] publicó por primera vez el *Almanaque náutico y efemérides astronómicas*[9], que reducía los cálculos de cuatro horas a treinta minutos.

La navegación astronómica comenzó a emplearse cuando el método de las distancias lunares se hizo asequible a los marinos, hasta mediados del S.XIX, cuando los cronómetros comenzaron a ser instrumentos habituales en los barcos, porque hasta este momento resultaba más económico adquirir un sextante por 20 libras que un cronómetro por 500 libras. Además, los cronómetros demostraron mayor precisión que las tablas lunares porque con todo el trabajo que requerían abrían más puertas al error.

Más tarde en 1837 Thomas H. Sumner[10], descubrió un procedimiento por el cual se podían obtener simultáneamente la latitud y la longitud de forma sencilla y breve. Su método se denominaría "la nueva navegación astronómica" que consistía en la navegación por rectas de altura, Sumner había deducido que con una sola altura se podía obtener el lugar geométrico de la posición del buque, representado por una recta en la carta mercatoriana, de donde deriva el nombre de "recta de altura" para las líneas de posición de la nueva navegación.

Con la llegada de los satélites y por lo tanto del GPS[11] al mundo marítimo que nos pueden dar la posición de un barco en un radio de unos cuantos metros en cuestión de segundos, está llevando a los profesionales de la mar al abandono de los llamados métodos tradicionales y por lo tanto al olvido de la navegación astronómica real.

---

[8] Nevil Maskelyne (6 octubre de 1732 - 9 febrero de 1811) Astrónomo inglés, quinto Astrónomo Real y director del Observatorio Astronómico de Greenwich.
[9] Registro de eventos astronómicos.
[10] Thomas Hubbard Sumner (20 de marzo de 1807 – 9 de marzo de 1876) Marino mercante estadounidense.
[11] Global Positioning System.

2. LA OBSERVACIÓN ASTRONÓMICA A BORDO

En este apartado vamos a explicar algunos de los instrumentos más utilizados a lo largo de la historia para observar los astros y así poder realizar los cálculos necesarios para obtener nuestra situación geográfica, principalmente la latitud.

2.1. Instrumentos de medición de alturas

En este apartado vamos a describir cronológicamente los más significativos, pero vamos a profundizar más en el apartado del Sextante, porque va a ser un instrumento muy significativo en la parte práctica de este trabajo.

2.1.1. El cuadrante de alturas o cuadrante náutico

Se cree que este fue el primer instrumento utilizado en la Edad Media para tomar alturas en la mar, y que en un principio se empleó para observar la estrella Polar, aunque también se utilizó para observar el Sol. En la época de los primeros descubrimientos todavía no estaban familiarizados con el concepto de latitud, y empleaban la altura de la estrella Polar para tener una indicación de la distancia a la que estaban de un paralelo, de algún cabo o accidente geográfico conocido. Este instrumento tiene muchas variantes, pero el modelo más sencillo consiste en una plancha de madera o latón con forma de un cuarto de círculo de unos 20 cm de radio, con dos pínulas perforadas colocadas sobre el radio limitador correspondiente a la graduación de 90º y un hilo con una plomada en su extremo, fijado en el vértice justo en el centro del trazado de la graduación del limbo. Éste va graduado de 0º a 90º, con el 90 colocado generalmente en el lado de las pínulas, de manera que proporcione la altura observada. No obstante, con esta configuración resultaba imposible su utilización en el mar, cuyas oscilaciones hacían verdaderamente difícil mantener la verticalidad del hilo de la plomada.

Ilustración 1 – Cuadrante náutico.
Fuente: www.mustshop.it/cuadrante

Para observar una estrella, se levantaba el cuadrante a la altura de la vista con el limbo hacia el observador y se enfilaba la estrella deseada a través de las dos pínulas, entonces se leía la altura observada con el hilo de la plomada, cuidando de no mover la posición del cuadrante.

Ilustración 2 – Observación de una estrella con el cuadrante náutico.
Fuente: www.gmktrigonometria.blogspot.com.es

Para observar el Sol, el procedimiento era algo distinto, se mantenía el cuadrante de manera vertical con el vértice hacia el Sol y la parte graduada hacia el observador, después, se inclinaba cuidando de mantener el instrumento en la vertical del astro, hasta que un rayo de Sol pasara por ambas pínulas, momento en el que el hilo cortaría la escala graduada indicando así la altura del astro sobre el horizonte.

2.1.2. **El astrolabio náutico**

Este instrumento parece comenzar a usarse en la Edad Media simultáneamente con el cuadrante de alturas en la navegación astronómica, aunque no se sabe con certeza. La finalidad de este instrumento era la de medir las alturas de los astros o distancias cenitales, generalmente la del Sol, para calcular la latitud. El astrolabio náutico es una derivación del astrolabio plano[12] y para su uso en la mar sufrió una serie de transformaciones que dieron lugar a un disco de cobre o latón que se colgaba de una anilla para mantener así su verticalidad; *la madre o armadura*, llevaba trazados dos diámetros perpendiculares que dividían el círculo en cuatro partes iguales, los dos superiores estaban divididos de 0º a 90º; y *la alidada*, montada sobre un pivote que atravesaba el centro del astrolabio, permitía hallar la altura de los astros.

Ilustración 3 – Astrolabio.
Fuente: www.chronologia.org

Para la observación del Sol se suspendía el instrumento con una de las manos orientándolo verticalmente al astro, con la otra mano se movía la alidada hasta que la sombra de la pínula superior cubriese la inferior, haciendo que el rayo de sol pasara por los orificios de ambas pínulas y tomando la lectura que indicaba la sombra de la pínula sobre el limbo graduado. Esta observación se hacía a la hora de la meridiana, momento en el que el Sol se encuentra en el momento de su culminación y su finalidad consistía en poder hallar la altura de la meridiana del Sol o su distancia cenital. A esta distancia cenital le

[12] Instrumento utilizado por Astrónomos, se caracteriza por una proyección estereográfica de la esfera celeste en una de sus placas.

aplicaban la declinación del Sol, de acuerdo con las reglas de las sombras obtenidas de los Regimientos[13], para así obtener la latitud del lugar donde se encontrasen. Esta observación se aconsejaba comenzarla media hora antes del momento de la meridiana hasta que el Sol llegase a su máxima altura.

Ilustración 4 – Observación del Sol con el astrolabio.
Fuente: www.pedrolia.blogspot.com.es

Para la observación de una estrella consistía en situar el astrolabio con una mano a la altura de la vista y con la otra mover la alidada hasta enfilar la estrella deseada con ambas pínulas, para ello tenían que aproximar el ojo al borde inferior de la alidada y así obtener la altura del astro y su latitud.

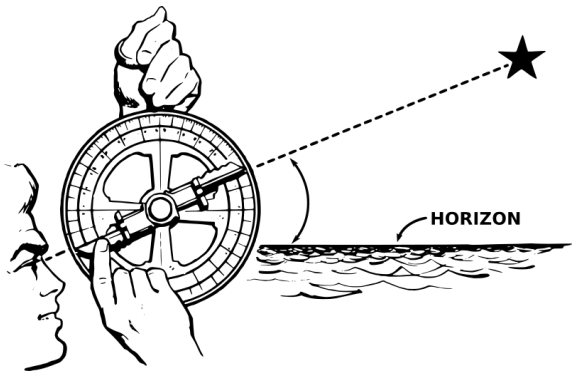


Ilustración 5 – Observación de una estrella con el astrolabio.
Fuente: www.vladimirbrontis.blogspot.com.es

2.1.3. **Ballestilla**

Es un instrumento destinado a la observación de las alturas de los astros que surge en la historia de la navegación a principios del S.XVI. Este, estaba

[13] Tabla de declinaciones del Sol para cada día del año.

formado por una vara cuadrada de madera y graduada, denominada *virote o flecha,* de unos 75 cm de largo; al extremo inferior de este se encontraba *la coz*, otra pieza rectangular de menor longitud, pero más ancha que se colocaba en la mejilla del observador*; la sonaja*, era otra pieza de madera más fina que las anteriores con una perforación en la mitad con la anchura del virote para poder deslizarse sobre este. Para observar la altura de una estrella sobre el horizonte se acercada la coz del virote al ojo y apuntando hacia el astro se hacía correr la sonaja sobre el virote hasta conseguir simultáneamente, que su borde inferior coincidiera con el horizonte y el borde superior con la estrella, después se leía el valor de la altura o la distancia cenital en la escala del virote. Este instrumento fue sustituido porque el gran problema de la observación del Sol es que era dañina para la vista de los marinos pudiendo llegar a cegar permanentemente a estos. Además, la simplicidad del procedimiento y del propio instrumento, traía como consecuencia una escasa precisión de la lectura y con ello importantes errores en la determinación de la latitud, algo que, a su vez incidía en una grandísima imprecisión a la hora de situar la nave.

Más tarde, se le añadió una sonaja más pequeña al virote llamada *martinete*, este sería utilizado para observar al Sol de espaldas y así evitar el problema del daño a la vista. El martinete tiene una pínula horizontal que servía para divisar el horizonte. La manera de observación consistía en ponerse de espaldas al Sol, colocar el martinete en la coz del virote y deslizar la sonaja hasta conseguir alinear la sombra de su extremo superior con el borde de la pínula y el horizonte. Una vez conseguido, se tomaba la lectura del virote.

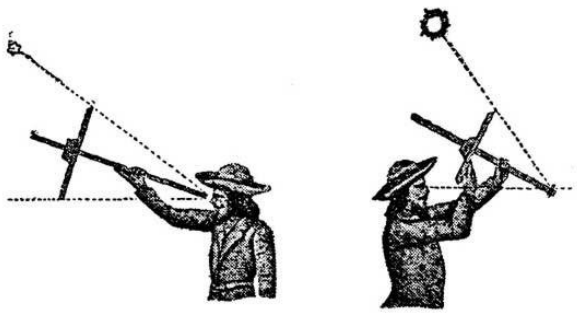


Ilustración 6 – Observación de un astro y del Sol con la ballestilla.
Fuente: www.iesezequielgonzalez.com

2.1.4. **Cuadrante de Davis**

También llamado cuadrante doble o cuadrante inglés, comenzó a utilizarse a finales del S.XVI. Este se empleaba únicamente para observar el Sol de espaldas al mismo y así determinar la latitud observando la altura de la meridiana de este, aunque también podría emplearse para la observación directa de estrellas, no obstante, sería muy complicado y además no existen evidencias de que fuese utilizado de esta manera por los marinos. Se trataba de un instrumento que constaba de *dos sectores circulares*, uno de 60º de radio más pequeño con una pínula denominada *pínula sombría* y otro de 30º de mayor radio con otra pínula denominada *pínula visual*, montados a partir de un centro común. En el extremo opuesto al radio mayor, se encuentra la *pínula horizontal* por la que el observador tenía de situar el horizonte real.

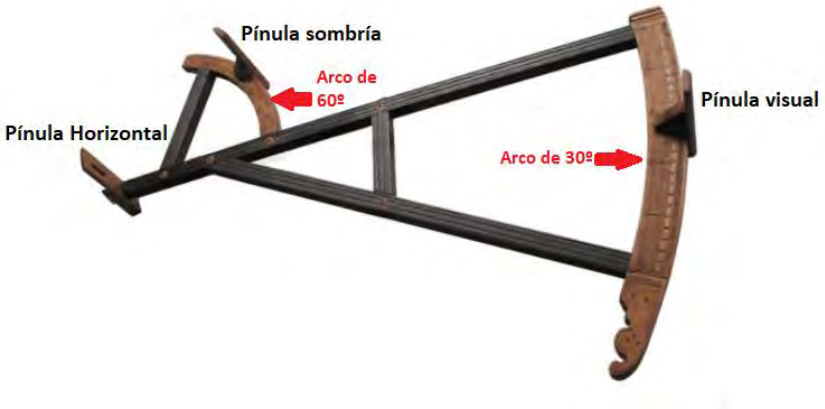


Ilustración 7 – Cuadrante de Davis.
Fuente: www.segundocabo.ohc.cu

Para la observación del Sol; como se tenía que observar la meridiana, se recomendaba (al igual que en el astrolabio y la ballestilla) comenzar la observación una media hora antes de mediodía y continuar con la misma hasta que el Sol llegase al meridiano en su máxima altura. Se sujetaba el instrumento de manera vertical, se colocaba el observador de espaldas al Sol y se dirigía la pínula horizontal hacia el horizonte mirando a través de la pínula visual hasta conseguir ver la sombra producida por la pínula sombría en la ranura de la pínula horizontal a la vez que se veía el horizonte por la pínula visual. La altura observada sería igual a la suma de las lecturas señaladas por la pínula sombría y la pínula visual sobre sus respectivos arcos.

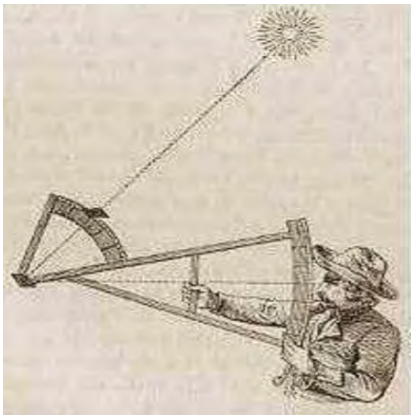


Ilustración 8 – Observación del Sol con el cuadrante de Davis.
Fuente: www.rodamedia.com

2.1.5. **Octante**

También llamado cuadrante de Hadley[14], era un instrumento de doble reflexión, el cual, no llega a imponerse hasta el tercer cuarto del S. XVIII. El principio de la doble reflexión consistía en que un rayo de luz procedente de un astro llega al ojo del observador tras ser doblemente reflejado, primero por un espejo colocado en una alidada y luego por otro espejo fijo con respecto al anteojo o pínula de observación. Este está formado por una *armadura* de madera compuesta por un sector circular de 45º cuyos radios limitadores se unen al vértice A como podemos ver en la siguiente ilustración (Ilustración 9), y unidos al *limbo* BC. Este está graduado de 0º a 90º para medir alturas o distancias cenitales, la armadura suele llevar un refuerzo en forma de T que une ambos radios limitadores y el limbo. Una *alidada*, que es un brazo móvil el cual gira con su centro de giro en A perpendicularmente al plano del limbo, montado sobre el extremo superior va el *espejo grande o de índice* colocado perpendicularmente al plano de la alidada, el extremo inferior de la alidada se desliza a lo largo del limbo y tiene una *línea de fe* que corta las divisiones transversales para indicar la lectura. El *espejo pequeño u horizontal* va situado en el radio izquierdo de manera perpendicular a este, es un cristal rectangular dividido en dos partes, una es un espejo y la otra es transparente para poder ver el horizonte. La *pínula de observar*, está montada perpendicular al radio limitador derecho frente al espejo pequeño. Y por último los *vidrios de color*

[14] John Hadley (16 abril 1682 – 14 de febrero 1744) Matemático y astrónomo inglés, inventor del octante.

que sirven para evitar daños a la vista cuando se observa el Sol. Los primeros octantes tenían además un *espejo horizontal posterior* para observar el Sol de espaldas que formaba 90º con el *espejo pequeño*. Este espejo tiene una pequeña ranura vertical en el medio, a través de la que se ve el horizonte; de manera perpendicular a este hay otra pínula "x". Su manejo es prácticamente igual al del sextante que explicaremos más detalladamente. (Caldas, s.f.)

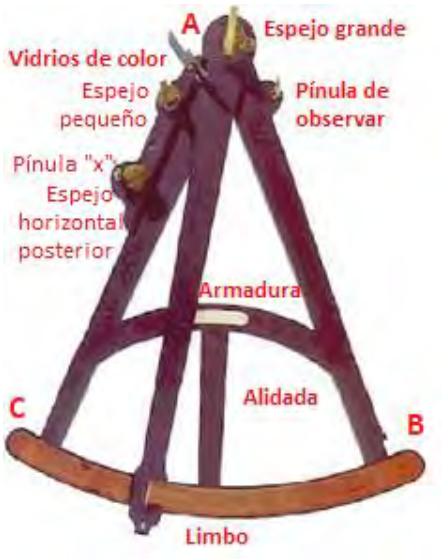


Ilustración 9 – Octante.
Fuente: www.aammb.cat

2.1.6. **Sextante**

El sextante nació a finales del S.XVIII por la necesidad de medir ángulos mayores a 90º. Su nombre proviene del arco de 60º y es un instrumento portátil mecánico-óptico de doble reflexión que ha servido durante casi 3 siglos para poder medir con un mínimo margen de error el ángulo horizontal entre dos puntos de la costa o la altura de los astros sobre el horizonte. Este ha sido el instrumento astronómico más utilizado en la navegación, el cual, ha perdurado hasta nuestros días, y es en el que vamos a hacer más hincapié al haber sido uno de los principales instrumentos utilizados en nuestro reconocimiento.

El sextante se compone principalmente de: el *Bastidor o armadura* en forma de sector circular, la *Alidada o brazo* que señala la escala del limbo, el *Limbo*

con la escala graduada de derecha a izquierda (0º-140º /160º) que nos dará los grados, el *Tambor Micrométrico* que es el que permite leer los minutos, el *Nonius* que permite leer las décimas de minuto, el *Espejo Índice* o *espejo grande* fijo a la alidada girando con ella, el *Espejo del horizonte* o *espejo chico* fijo a la izquierda del sextante con una mitad transparente (cristal) para observar el horizonte y la otra mitad azogada (espejo) para observar el astro reflejado en el Espejo Índice, los *Filtros* de protección ocular, la *Mira Telescópica o Anteojo* y el *Mango* para coger cómodamente el instrumento.

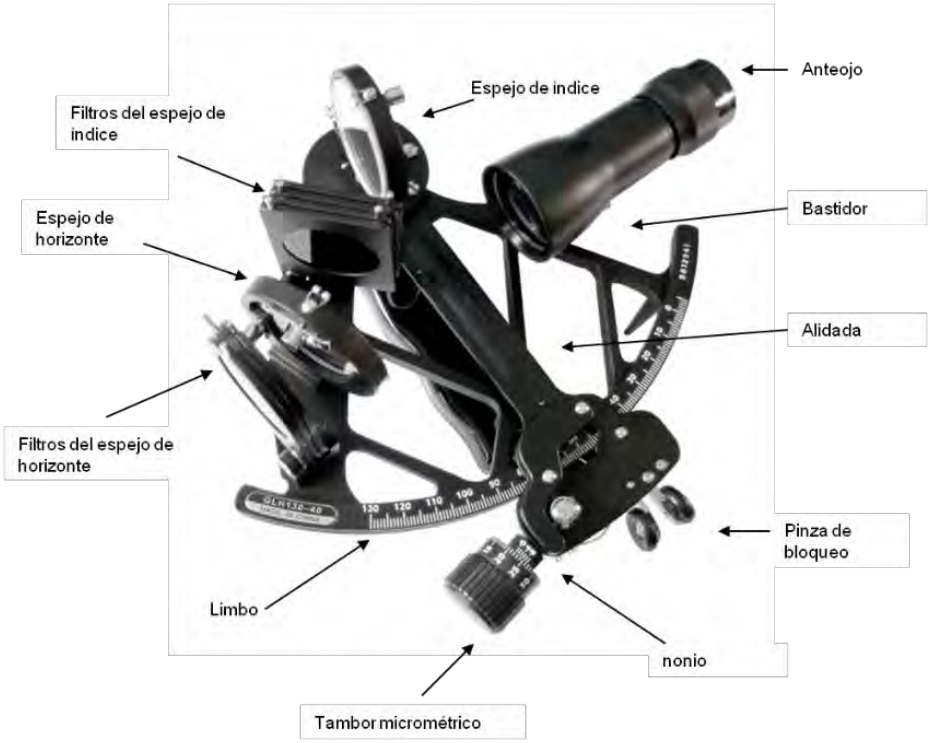


Ilustración 10 – Partes del Sextante.
Fuente: www.singladurasnauticas.yolasite.com

2.1.6.1. Ajustes del Sextante

Es importante realizar los pertinentes ajustes de los espejos para reducir el error de índice[15].

Ajuste del espejo índice. – Colocamos el sextante en un plano horizontal y desplazamos la alidada hasta aproximadamente 45º-50º. Colocamos el ojo a la altura del espejo índice, tendríamos que observar una imagen directa a la

[15] Corrección asociada a la construcción del sextante.

derecha y una imagen reflejada en el espejo izquierdo confundidas en una sola línea continua. Si esto no fuera así debería modificarse la posición del espejo muy suavemente con el tornillo de la parte posterior de este.

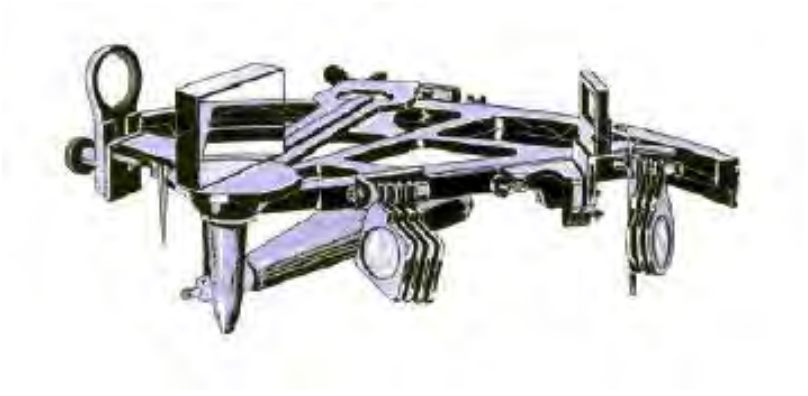


Ilustración 11 – Reflejo espejo índice.
Fuente: www.es.scribd.com

Ajuste del espejo de horizonte. – Es para asegurar la perpendicularidad de este espejo con el bastidor. Primero comprobamos si hay error lateral, ajustamos la alidada a 0º y enfocamos el sextante al Sol, la Luna, una estrella brillante o un punto lejano. Después hacemos los ajustes necesarios para que la imagen real y reflejada queden superpuestas.

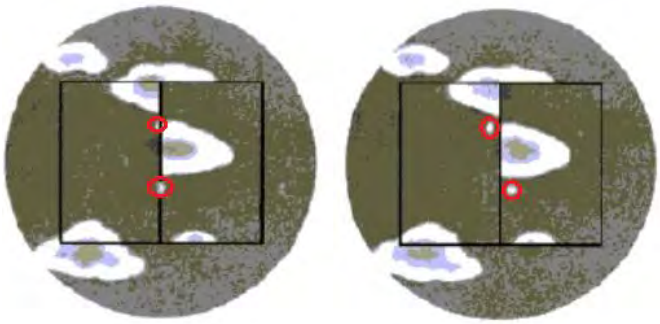


Ilustración 12 – Ajuste Espejo del Horizonte.
Fuente: Scribd. Sextante teoría y ajuste

Comprobación del ajuste. – Para asegurarnos de que el sextante ha estado ajustado y con un error de índice de 0º, miramos al horizonte y observamos que la imagen directa y la reflejada se superponen aun cuando balanceamos ligeramente nuestro sextante.

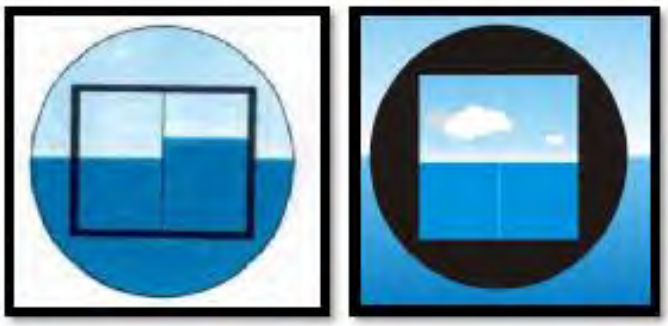


Ilustración 13 – Paralelismo espejos.
Fuente: www.lealtad20.blogspot.com.es

Todas estas comprobaciones tienen que realizarse cada cierto tiempo. Sin embargo, no es aconsejable ajustar y desajustar frecuentemente los tornillos y los espejos.

2.1.6.2. Observaciones con el Sextante

Para **medir la altura de un astro**, (1º) Colocamos la alidada en 0 grados y enfilar a través del visor un objeto distante en el horizonte. En este momento los dos espejos son paralelos y la imagen directa que pasa por la parte transparente del espejo del horizonte con la reflejada primero en el espejo índice y después en el espejo del horizonte, forman una sola imagen. Podremos observar una línea de horizonte continua, es decir, el horizonte que vemos a través del cristal se superpone y se amplía a la derecha con la vista reflejada en la otra mitad del espejo del horizonte. (2º) A continuación, y sin dejar de enfilar el horizonte, movemos la alidada para girar el espejo índice y lograr que nos aparezca la estrella o el Sol en el horizonte (en el caso del Sol debemos operar con los filtros para impedir que el haz de luz reflejado nos dañe la vista). El valor del ángulo que mide la altura a la que el astro está sobre el horizonte, es el que leemos sobre el limbo del sextante, con el tambor sacaremos los minutos y con el nonius las decimas de minuto.

Para la **observación de una estrella** se suele hacer durante los crepúsculos por verse bien el horizonte y las estrellas de primera magnitud o los planetas. Normalmente se observan entre los momentos medios de los crepúsculos Náutico y Civil, cuando el Sol tiene una altura negativa de 9º y 3º respectivamente. Las horas de estos crepúsculos las podemos encontrar en

el A.N para uso de los navegantes. Podemos tener dos casos diferentes, el primero que la estrella tenga poca altura y se tenga que realizar el procedimiento anterior explicado, y la segunda que la estrella esté demasiado alta que en este caso lo mejor sería observar al astro con el sextante vertical e invertido (limbo arriba) y sin mirar por el anteojo, lo divisamos a través del espejo del horizonte y desplazamos la alidada hasta que en la parte azogada[16] aparezca el horizonte, de esta manera al dar la vuelta al sextante y mirar el horizonte veremos al astro en el campo del anteojo. Como norma general, no se observarán astros menores de 15º (para evitar el error de refracción) ni superiores a 65º (para evitar el error de tangenteo).

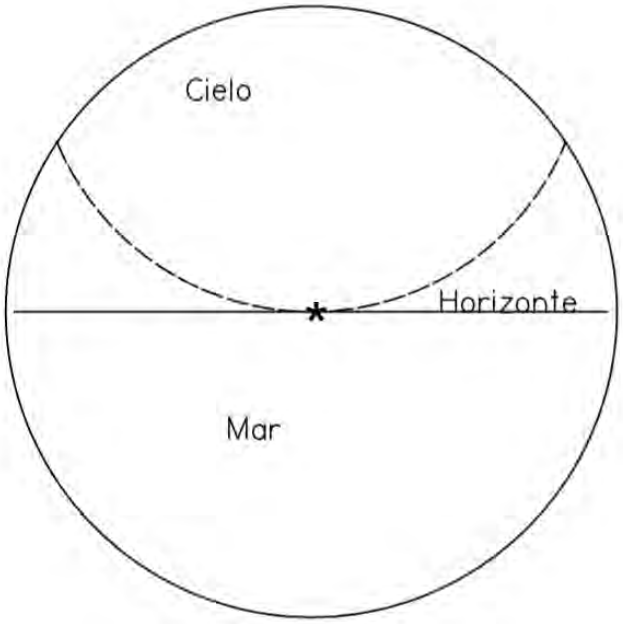


Ilustración 14 – Observación de una estrella.
Fuente: Ilustración de la autora.

Para la **observación del Sol** es difícil hacer coincidir el centro de este con el horizonte, lo que se hace es obtener la altura del limbo inferior del Sol o la altura del limbo superior tangenteando con el horizonte, siempre que se pueda, se observará la del limbo inferior.

[16] Espejo.

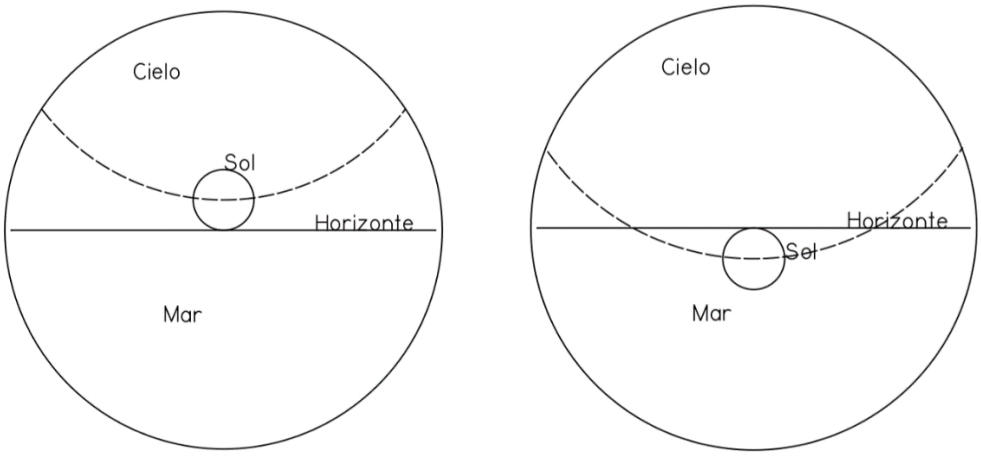


Ilustración 15 – Observación del Sol limbo inferior (izquierda) y limbo superior (Derecha).
Fuente: Ilustración de la autora.

Lo ideal para ejecutar una observación precisa es que necesitaríamos de la cooperación de dos tripulantes, uno al sextante y otro que lea el cronómetro y haga las anotaciones necesarias. Además, una vez tomada la altura del astro o del planeta, y con la ayuda del Almanaque Náutico podemos realizar una recta de altura, la cual nos indicará la posición actual de nuestra embarcación.

2.1.6.3. Correcciones a la Altura de los Astros

Para poder pasar de la Altura instrumental a la altura verdadera debemos aplicar una serie de correcciones.

Error de índice. – Es un error que se asocia a la estructura del sextante atendiendo al tipo de material o a su construcción. Puede ser negativo o positivo y aplicando este a la altura instrumental obtenemos la altura observada.

Corrección por depresión del horizonte. – Ángulo que forma el Horizonte de la mar y el aparente (paralelo al verdadero en el lugar donde se encuentra el observador). Depende de la elevación del observador y de las condiciones atmosféricas. Esta corrección es siempre negativa, pues queremos pasar de considerar el horizonte verdadero al aparente.

Corrección por refracción astronómica. – Cuando la luz atraviesa la atmósfera esta sufre una curvatura, producto de la refracción. En consecuencia, vemos al astro más alto de lo que en realidad está. Podemos

calcularla con la fórmula de Bennet (donde h_o es la altura aparente del astro observado), que a efectos prácticos podemos afirmar que es:

$$\boldsymbol{R = \frac{60''}{\tan\left(ho + \frac{7,31}{(ho + 4,4)}\right)}}$$

Esta corrección siempre es negativa por ver a los astros más elevados de lo que en realidad están y una vez aplicada obtenemos la altura verdadera. La abreviatura "a_r" se refiere a altura refractada.

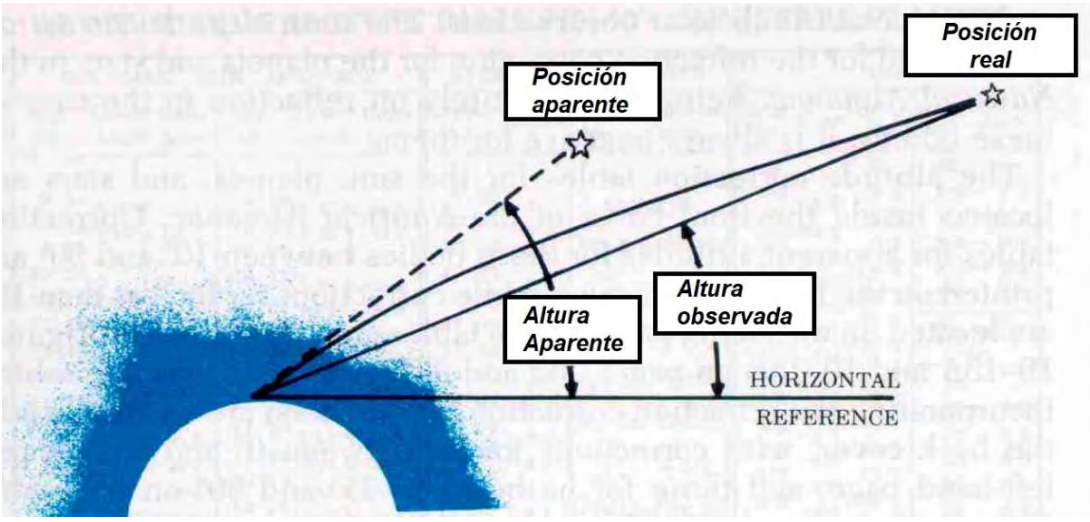


Ilustración 16 – Efecto de la refracción astronómica
Fuente: www.astronavegacion.webcindario.com

Corrección por semidiámetro. – La altura de los astros ha de medirse respecto al centro de estos. Esta corrección solo es aplicable al Sol y la Luna, pero cuando los observamos con el sextante, es complicado apreciar su centro con precisión, por lo que tomaremos las medidas respecto a su limbo inferior o superior. Posteriormente, corregiremos sumando (limbo inferior) o restando (limbo superior) para obtener la altura con respecto al centro.

Aunque estas medidas se pueden obtener mediante cálculos matemáticos, lo más práctico es recurrir a las tablas del Almanaque (Tabla B) donde se nos adjuntan todas estas correcciones (pg.387).

Corrección por paralaje. – Esta corrección se aplica principalmente a la Luna, al Sol en menor medida y a algunos planetas como Venus o Marte. Es

el ángulo formado por las rectas que unen el astro con el observador y con el centro de la Tierra. Hay dos tipos de paralaje, la paralaje horizontal que es el correspondiente a cuando el astro está en el horizonte y la paralaje *en altura* que es el que tenemos cuando el astro se encuentra elevado sobre el horizonte.

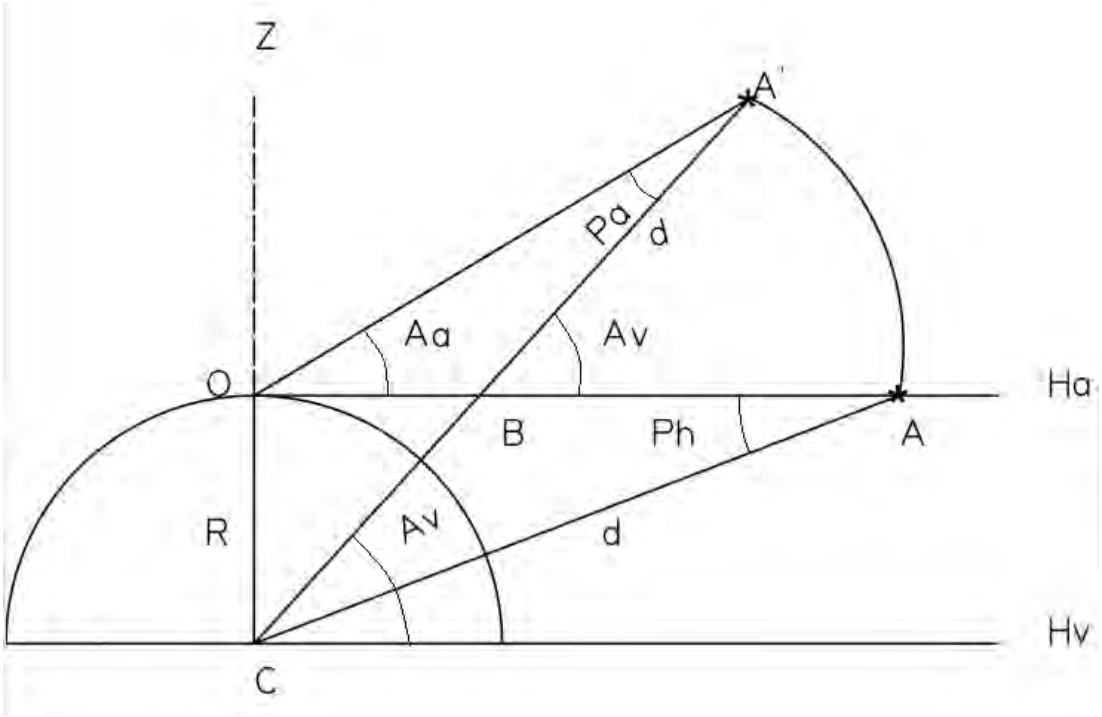


Ilustración 17 – Paralaje horizontal y paralaje en altura
Fuente: Ilustración de la autora.

2.2. Instrumentos para la medida del azimut

Cuando en los crepúsculos se observa algún astro, que por cualquier motivo no puede ser reconocido a simple vista, debe observarse su azimut antes o después de tomar su altura; este azimut de aguja debidamente corregido es el elemento indispensable en el posterior proceso de reconocimiento del astro. El azimut es el ángulo que va desde el Norte hasta el pie del astro en el horizonte. Sacado con el compás es el Azimut de Aguja (Za) que se mide desde el norte de aguja y si se mide desde el norte verdadero obtendremos el Azimut Verdadero (Zv).

Para poder medir este ángulo utilizaremos aparatos como la *alidada* que es un elemento en forma de “U” que se monta sobre un compás magnético o

sobre un taxímetro náutico. Dispondrá de una suspensión cardán[17] para evitar errores por los cabeceos y balances del buque.

Ilustración 18 – Alidada.
Fuente: www.navegacioncostera.blogspot.com.es

Otro aparato para realizar la medición es el *compás con pínula*, tablilla metálica que en los instrumentos topográficos y astronómicos sirve para dirigir visuales por una abertura circular o longitudinal.

Ilustración 19 – Compás con pínula.
Fuente: www.amazon.es

Cabe recordar que estos aparatos están sujetos a correcciones magnéticas. Estas correcciones son el *desvío* y la *declinación magnética*. Ambas conforman la *corrección total* (Ct).

Desvío (Δ) – Corrección de la aguja asociada al campo magnético del buque. Positivo si es E y negativo si es W.

[17] Mecanismo de suspensión consistente en dos aros concéntricos cuyos ejes forman un ángulo recto, lo cual permite mantener la orientación de un eje de rotación en el espacio aunque su soporte se mueva.

Declinación magnética (dm) – También llamada *variación local*, es la corrección asociada a la diferencia entre el Norte geográfico o verdadero (Nv) y el Norte magnético (Nm). Positiva si el Nm queda al E del Nv y negativa si el Nm queda al W del Nv.

Corrección total (CT) – Ángulo que forma el Norte de aguja (Na) con el Norte verdadero (Nv). Positiva si el Na queda al E del Nv y negativa si el Na queda al W del NV.

$$CT = dm + \Delta$$

Añadiendo estas correcciones podremos pasar de Azimut de aguja (Za) a Azimut verdadero (Zv).

$$Zv = Za + CT$$

2.2.1. **Errores en el Azimut**

La medida del azimut está sujeta a una serie de errores, derivados de una deficiente manipulación de los dispositivos de marcar.

Error como consecuencia de la inclinación del plano de colimación. Es uno de los errores más comunes durante el proceso de observación, debido a la imposibilidad práctica de mantener perfectamente horizontal el plano de la rosa mediante el control del nivel de burbuja, sometido a aceleraciones de la plataforma móvil (buque), en la que se encuentra instalado.

Error en el azimut como consecuencia de la inclinación del plano de la rosa. Mucho más común que el anterior, puesto que la inclinación del plano de colimación sin que se produzca simultáneamente la inclinación del plano de la rosa resulta casi imposible, sobre todo navegando entre olas. El control de la horizontalidad de este plano por medio de los niveles de burbuja es poco menos que imposible en estas circunstancias.

2.3. <u>Instrumentos para la medida del tiempo</u>

2.3.1. **Cronómetro**

Como ya hemos explicado en la introducción histórica, la invención de éste supuso una revolución a la hora de poder determinar la longitud gracias a J. Harrison con su modelo H-4 en 1760.

Los cronómetros marinos son instrumentos de precisión de sirven para obtener de ellos la hora civil en Greenwich (HcG o TU). No tienen dispositivo para ponerlos en hora, por lo que marcan una hora muy diferente, llamada Hora de Cronómetro; lo que se trata de conseguir en estos instrumentos es que su marcha este regulada por el tiempo civil, es decir, que al transcurrir una hora en el Cronómetro haya transcurrido una hora en el tiempo civil. Este instrumento permite que un navegante pueda utilizar la diferencia de tiempo entre la posición del barco y la del Meridiano de Greenwich (definida como 0º) para determinar la longitud de la nave.

El cronómetro tiene una suspensión cardan en su caja de madera, la cual está dentro de otra almohadillada. Se le da cuerda por medio de una llave que se introduce en un orificio situado en la parte trasera del instrumento, generalmente hacia la izquierda y ésta suele durar entre 57 horas y 8 días. En los más modernos[18], la fuente de energía es una pila eléctrica.

Trabajar con una hora errónea en mediciones astronómicas podría traducirse, por ejemplo, en errores significativos a la hora de situarse en la carta o a la hora de reconocer un astro.

Ilustración 20 – Cronómetro marino.
Fuente: www.accademiadelsestante.it

En la práctica, con un cronómetro con la Hora Local de Greenwich, un almanaque de navegación y la consulta de unas tablas trigonométricas, los

[18] Relojes cronómetro de cuarzo.

navegantes pueden deducir sus coordenadas a partir de la posición del Sol, de la Luna, de los planetas visibles, o de cualquiera de las 57 estrellas de navegación habitualmente tabuladas (en cualquier momento que sean visibles sobre el horizonte).

Estos relojes son tratados con sumo cuidado, determinándose a diario el "Estado Absoluto"[19] y el error del instrumento, mediante comparación con la señal radiotelegráfica que transmiten distintos observatorios a ese efecto.

Actualmente, los dispositivos electrónicos de a bordo señalan con total precisión la hora universal en todo momento. Sin embargo, sigue siendo imprescindible por seguridad llevar estos relojes a bordo.

La importancia del cronómetro radica en que de su hora se deduce la Hora Civil en Greenwich con la cual se entra al Almanaque Náutico para así obtener los datos necesarios en la Navegación Astronómica.

En el momento de realizar una observación con el sextante el piloto da un Top en el tangenteo del astro con el horizonte e instantáneamente el ayudante pone en marcha el cronógrafo, después se acerca al cronómetro y resta lo que marque el cronógrafo a la hora que indique el cronómetro del puente, así se toma la hora de observación.

2.4. Almanaque náutico

La primera aparición del almanaque náutico tuvo lugar en Inglaterra con la publicación "The Nautical Almanac" en 1767, cuando el método de las distancias lunares quedó accesible a los navegantes. Este almanaque contenía unas tablas que habían de ser utilizadas en la aplicación de dicho método, pero estas se dejan de publicar en 1905 con el abandono de este.

Actualmente, el almanaque simplemente es una publicación editada anualmente que contiene información astronómica utilizada en náutica para la navegación. Además, puede contener otra información útil sobre mareas y puertos.

[19] Es la diferencia en un instante entre la Hora Civil en Greenwich y la Hora del Cronómetro.

En España desde 1792 se publica el almanaque náutico, editado por el Real Instituto y Observatorio de la Armada de San Fernando, Cádiz. Éste, se publica anualmente con las predicciones sobre las posiciones de los astros en el cielo durante ese año natural para la resolución de problemas astronómicos.

Está organizado en forma de tablas que contienen información sobre las dos magnitudes principales que definen la posición de un astro en la bóveda celeste: la declinación y el ángulo horario referido a Greenwich. Puede, además, contener información sobre paralaje, semidiámetro observable, brillo, etc. Esta información se encuentra tabulada a intervalos constantes de tiempo que suelen ser de hora y el navegante puede calcular la información para tiempos intermedios mediante interpolación lineal. Es muy importante tener en cuenta que en el Almanaque siempre se entra con la Hora Civil de Greenwich y con la fecha de esa hora en la hoja del día.

Además de esta información, que varía anualmente, el almanaque contiene otras tablas que ayudan a los cálculos como pueden ser las tablas de refracción atmosférica, las de posiciones de las estrellas, las de interpolaciones, etc.

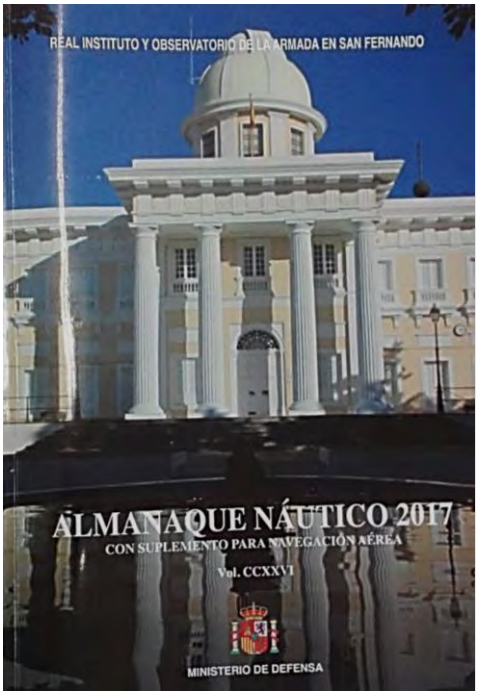


Ilustración 21 – Portada del Almanaque Náutico 2017.
Fuente: Almanaque Náutico 2017

2.5. Otros instrumentos para el reconocimiento de astros

En este apartado vamos a realizar una explicación más específica de los Identificadores de astros o Star Finders porque también lo vamos a utilizar en la parte práctica de este trabajo.

2.5.1. **Naviesfera**

Es un instrumento en forma de esfera, que representa la bóveda celeste en la que están dibujadas las estrellas principales, el Ecuador, la Eclíptica, algunos paralelos y algunos círculos horarios. El soporte tiene un círculo metálico fijo que representa el Horizonte graduado en Azimut y otro círculo perpendicular a este graduado en latitud, además también tiene un cuadrante móvil perpendicular al "horizonte", graduado en altura. En esta, el navegante puede averiguar el nombre de la estrella cuya altura ha tomado con el sextante y cuyo azimut ha determinado con la alidada. Hay que tener en cuenta que la posición de las estrellas en la Naviesfera es relativa porque las vemos al contrario que en la realidad.

Ilustración 22 – Naviesfera.
Fuente: www.todocoleccion.net/antiguedades-tecnicas/naviesfera

La Naviesfera sirve para reconocer los astros y la manera de hacerlo es calculando el *horario de lugar de Aries*; la bola de la naviesfera se inclina para

marcar nuestra latitud y se gira hasta que el *meridiano superior del lugar* nos marque el horario del lugar de Aries calculado. Así, ya tenemos la esfera en la posición en que la vemos realmente. Después con el círculo del *horizonte* buscamos el azimut, situamos la vertical del astro y tomamos su altura, en ese momento veremos el astro deseado.

Este método dejó de usarse por no resultar demasiado exacto, además con la aparición de los identificadores de astros o Star Finders, que eran más prácticos y sencillos, se sustituyó esta rápidamente.

2.5.2. **Identificadores o Star Finders**

Los modelos más populares son los identificadores americanos H.O 2102-C y el H.O 2102-D, con estos dos identificadores, prácticamente iguales, se pueden reconocer y localizar fácilmente todos los astros. A continuación, explicaremos el H.O 2102-D. (Burch, 2008)

El identificador está diseñado para determinar los valores aproximados del azimut verdadero y la altura de las 57 estrellas listadas en el almanaque náutico y de los otros astros que puedan ser dibujados en la placa base (inclusive los cuatro planetas utilizados en navegación astronómica: Venus, Marte, Júpiter y Saturno), siempre y cuando estén por encima del horizonte del observador, para un determinado sitio y hora.

La precisión de los datos obtenidos en el Star Finder es considerada generalmente de ± 3º a 5º, en altura y azimut verdadero, lo que es bastante para permitir la correcta identificación de los astros.

El instrumento **se compone** de:

Una placa base. – También conocida como *"Star Base"* o *"White Disk"* que es un disco de unos 30 cm de radio, construido de plástico blando, opaco y con un pequeño pivote en el centro para colocar las láminas complementarias. Esta placa base, está impresa por ambas caras, una para cada hemisferio (hemisferio norte celeste y hemisferio sur celeste), podríamos decir que es un conjunto de dos "cartas celestes". Estas "cartas celestes" tienen una proyección polar azimutal equidistante.

Tiene impresas en cada cara 57 estrellas utilizadas en Navegación Astronómica, las cuales, son dibujadas por sus Coordenadas Ecuatoriales

Uranográficas (Ascensión Recta y Declinación). Como estas coordenadas varían muy poco, pueden ser dibujadas en las cartas celestes de la placa de manera permanente, pero esto solo se les aplica a las estrellas.

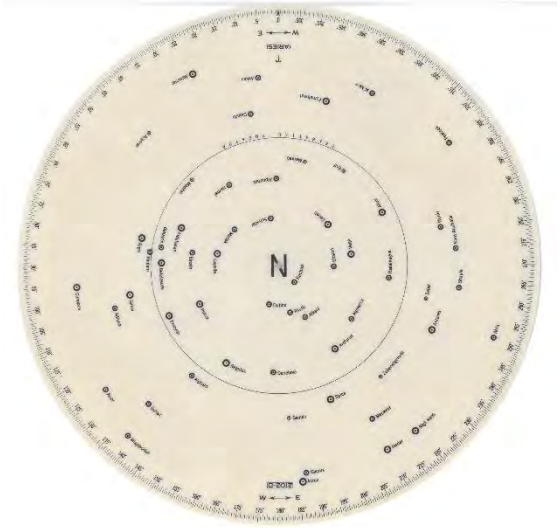


Ilustración 23 – Placa base modelo H.O 2102-D.
Fuente: Ilustración propia de la autora

El tipo de mapa estelar del disco blanco es muy similar al que nos podemos encontrar en la parte trasera del almanaque náutico (páginas 397 - 400)

Diagramas de latitud. – También conocidas como *"Blue Templates"* o *"Plantillas circulares de altura-azimut"*. Son un conjunto de nueve láminas circulares complementarias de plástico transparente con líneas impresas en azul y un orificio en el centro para colocarlos sobre la placa-base.

Estas láminas son proyectadas para posibilitar la determinación de los azimuts y alturas de los astros. Hay una plantilla para cada 10º de latitud, Norte o Sur, de 5º hasta 85º. Cada plantilla está impresa en ambos lados: uno para la latitud norte, otro para la latitud sur.

Cada plantilla de latitud presenta el Sistema de Coordenadas Horizontales en un conjunto de curvas ovales de altura (almicantaradas), a intervalos de 5º, con la curva más exterior representando el horizonte celeste (altura cero), y un conjunto de curvas radiales de acimut, también a intervalos de 5º.

Todas las curvas impresas en ambos lados están rotuladas a intervalos de 10º.

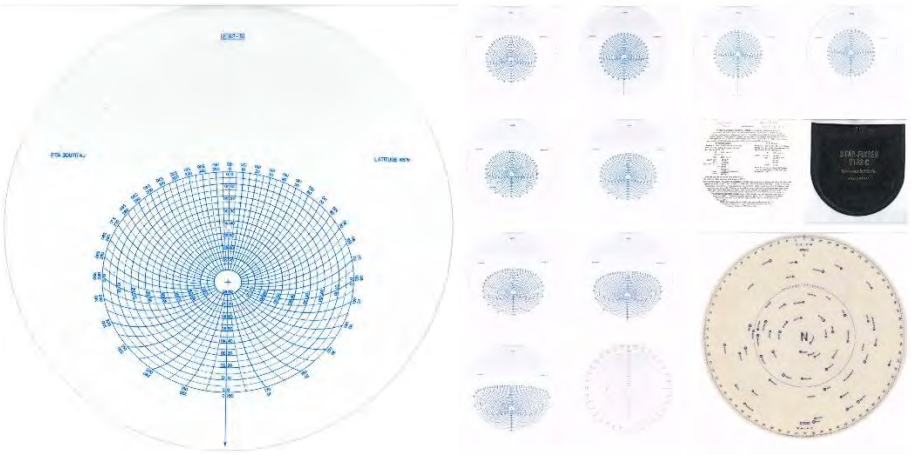


Ilustración 24 – Diagramas de latitud modelo H.O 2102-D.
Fuente: Ilustración propia de la autora.

Plantilla circular de Ángulo en el Polo-Declinación. – Es también una lámina de plástico transparente con líneas impresas en rojo. Esta plantilla presenta el Sistema de Coordenadas Ecuatoriales Horarias en un conjunto de curvas concéntricas, una para cada 10º de declinación y un conjunto de líneas radiales de ángulo en el Polo, también rotuladas cada 10º al Este y al Oeste. Además, tiene una abertura que permite dibujar fácilmente sobre la Placa Base a los astros que tengan una declinación entre 30ºN y 30ºS. Dicha plantilla es utilizada normalmente para dibujar algún planeta sobre la placa base u otros astros distintos de las 57 estrellas elegidas.
Puede ser empleada con la plantilla de latitud correspondiente para estimar el ángulo en el polo y recordar la declinación de los astros.

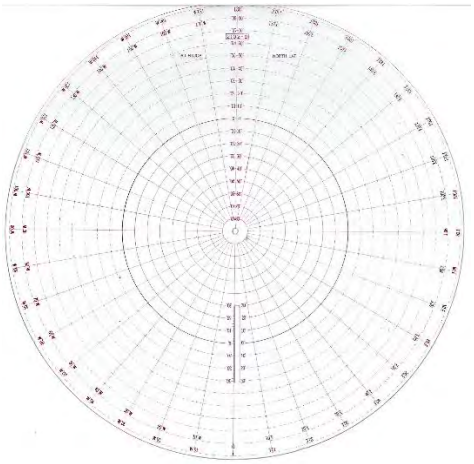


Ilustración 25 – Plantilla circular de ángulo en el polo-declinación.
Fuente: Ilustración propia de la autora.

El **procedimiento de reconocimiento** de astros podríamos estructurarlo en el siguiente orden:

- Primero calcular el *horario de Aries en Greenwich* ($h_\gamma G$) y pasarlo a *horario de Aries en el lugar* ($h_\gamma l$). Para ello, entramos con el día de la observación en el almanaque náutico y con la hora en tiempo universal (TU), obtenemos $h_\gamma G$ y le aplicamos la longitud en la que nos encontramos para pasar a $h_\gamma l$.

$$h_\gamma G = h_\gamma l + L\ (+W;\ -E)$$

- Después colocamos el disco transparente de latitud más próxima a la que nos encontramos sobre el disco-base, de forma que los discos sean ambos Norte o Sur de acuerdo con nuestra latitud. Giramos el disco transparente hasta que su índice nos marque en el disco-base el $h_\gamma l$ que hemos calculado anteriormente.

- Por último, nos fijamos en el hemisferio visible del observador y en las estrellas que este abarca, en la graduación que vemos los números en su posición correcta, tomamos el azimut (0º a 360º) y sobre el vertical correspondiente el valor de la altura; en este punto o muy próximo a él, estará la estrella que queremos reconocer.

El Star Finder tiene una serie de **puntos críticos** que hay que tener en cuenta a la hora de su empleo. Por eso hay que tomar una serie de precauciones y prestar un máximo de atención para no cometer ningún error. Como pueden ser: usar siempre el lado correcto de la “Star Base” correspondiente al hemisferio del observador, fijarse que el diagrama de latitud corresponda con la latitud del observador, verificar que el valor del $h_\gamma l$ sea el correcto porque si fuera erróneo todos los demás datos también lo estarían, prestar atención a las lecturas de los azimuts (que deberán ser hechas en la escala interna del diagrama de latitud si esta es Norte o en la escala externa del diagrama si esta es Sur) y prestar atención a la hora de hacer la lectura de la altura sobre las curvas del Diagrama de Latitud.

El Star Finder también puede utilizarse para obtener los azimuts verdaderos y alturas de algunos **planetas**. El problema es que las posiciones de estos están cambiando continuamente en relación con las estrellas y deben ser dibujados en la placa-base para la fecha y hora en que se planea hacer las observaciones con el sextante. Los planetas se dibujan en el Star Finder a través de su ascensión recta (AR) y su declinación (d). Para ello, obtenemos del almanaque náutico el "$h_{\gamma}G$" y el horario del planeta en Greenwich (hpG) a la misma hora, la diferencia entre estos dos horarios será la "*AR"* del planeta (esta se mide hacia el *E* desde el punto de Aries, al contrario del "*AS"* que se mide hacia el *W*).

$$\mathbf{AR = h_{\gamma}G - hpG}$$

Con la "*AR"* y la "*d"*, se traza el planeta en la placa base del Star Finder con el auxilio de la plantilla roja, orientando el cero en la plantilla para el valor de la "*AR"* del planeta y marcando con lápiz un punto a la altura de la "*d"* del planeta (obtenida del almanaque náutico) en el hueco de la plantilla.[20]
Aunque los planetas alteren su posición en relación con las estrellas, una posición trazada en el Star Finder podrá servir para un periodo determinado de tiempo dependiendo del planeta. Habría que variar esa posición con determinada frecuencia: Saturno (cada 3 meses), Júpiter (cada 2 meses), Marte y Júpiter (cada 14 días).

Los tecnicismos especiales como le ascensión recta, declinación, ángulo sidéreo, azimut, los tipos de coordenadas…Los explicaremos en la siguiente sección sobre la esfera celeste.

[20] Los tecnicismos especiales como le ascensión recta, declinación, ángulo sidéreo, azimut, los tipos de coordenadas, etc. Los explicamos en el apartado "La esfera celeste".

3. LA ESFERA CELESTE

Vamos a introducir el concepto más importante para el entendimiento de este trabajo y de cualquier cálculo astronómico que vayamos a realizar. Nosotros sabemos que los astros que vemos en el cielo están a una distancia determinada de nuestro planeta. Sin embargo, visto desde nuestra posición podría parecer que están todos a la misma distancia, como si de un techo estrellado se tratase y todos los astros estuvieran en el mismo plano. Ésta idea es básicamente la que vamos a exponer, porque a la Astronomía Náutica no le interesa conocer la distancia a la que se encuentran los astros, sino solo la dirección con que los vemos. Nos vamos a imaginar una gran esfera, en cuya superficie se encontrarán todos los astros, la "Esfera Celeste", la cual, vamos a explicar a continuación.

3.1. Líneas y Puntos Principales de la Esfera Celeste

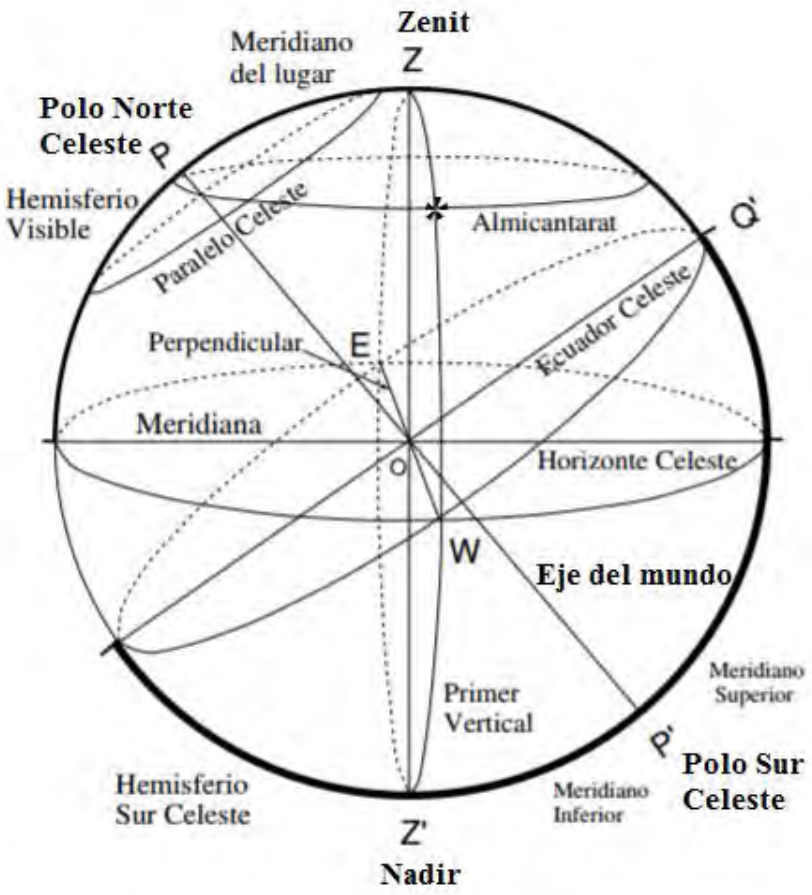


Ilustración 26 – Líneas y puntos principales de la esfera celeste.
Fuente: www.deboroldan.blogspot.com.es

Línea de los polos celestes o eje del mundo. – Aparentemente, la esfera celeste gira entorno a la Tierra con un movimiento uniforme de Este a Oeste, llamado movimiento diario. Este movimiento aparente es debido al movimiento real de la Tierra, que gira en sentido retrógrado[21]. El eje del mundo es la línea alrededor de la cual tiene lugar este movimiento.

Línea Zenit/ Nadir. – Vamos a suponer que un observador se encuentra en un punto cualquiera de la superficie terrestre, al prolongar el radio terrestre desde el observador, la esfera celeste se cortará en dos puntos, el *Zenit* (Z) y el *Nadir* (N). El Zenit es el punto que se encuentra sobre el observador y el punto diametralmente opuesto será el Nadir (que será invisible para el observador). La línea que pasa por el Zenit y el Nadir también pasa por el observador y por el centro de la Tierra, se le denomina *vertical del lugar*.

Polos Celestes. – Estos se corresponden con los puntos cardinales N y S que son los puntos de intersección del eje del mundo con la esfera celeste. El observador siempre tendrá uno de estos sobre el horizonte y recibirá el nombre de polo elevado con el punto cardinal de igual latitud que la del observador. El contrario al polo elevado será el polo depreso, salvo que se encuentre en el ecuador.

Ecuador Celeste. – Es un círculo máximo de la Esfera Celeste cuyo plano es perpendicular al eje del mundo. Éste divide a la esfera en dos hemisferios, el Norte o Boreal con el polo Norte y el Sur o Austral con el polo Sur.

Paralelos Celestes. – Son círculos menores de la Esfera Celeste paralelos al Ecuador Celeste. Los movimientos aparentes de los astros tienen lugar en estos paralelos.

Almicantarat. – Es el círculo menor paralelo al horizonte y perpendicular a la línea Zenit /Nadir.

Meridiano Celeste. – Es un círculo máximo que pasa por los Polos Celestes, es normal al Ecuador Celeste. Tenemos aquí también *al Meridiano del lugar* que es aquel círculo máximo que pasa por los Polos Celestes, por el Zenit y por el Nadir, este meridiano lo podemos dividir en *meridiano superior del lugar* (contiene el Zenit) y el *meridiano inferior del lugar* (contiene el Nadir).

[21] Movimiento contrario al de las agujas del reloj.

Círculos horarios. – Son todos los círculos máximos que pasan por los polos celestes, inclusive el meridiano del lugar.

Horizonte. – Vamos a distinguir tres tipos de Horizonte. (1) **Horizonte verdadero (racional o astronómico)**, que sería el círculo máximo de la esfera celeste perpendicular a la vertical astronómica del observador dividiendo la esfera celeste en el hemisferio superior o visible (zenit) e inferior o invisible (nadir); (2) **Horizonte aparente o sensible**, que sería un círculo menor paralelo al horizonte verdadero y perpendicular a la vertical del lugar (línea zenit/nadir) que pasaría por el ojo del observador; (3) **Horizonte visible o de la mar** que sería el círculo menor determinado por las tangentes a la superficie terrestre trazadas desde el ojo de un observador, situado a cierta altura sobre la superficie terrestre, si esta altura fuese cero, el horizonte aparente y el visible se confundirían.

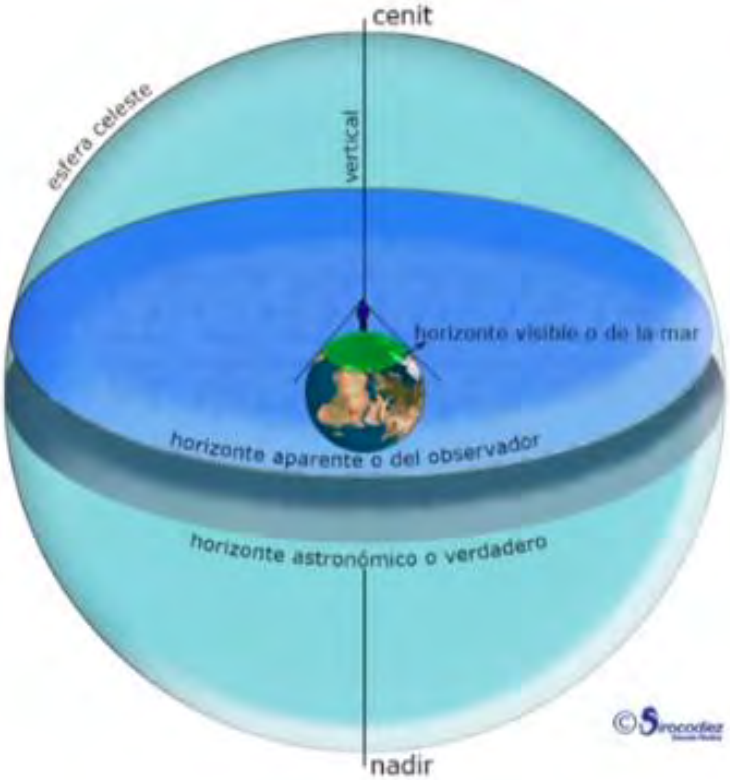


Ilustración 27 – Diferentes tipos de Horizontes.
Fuente: www.youtube.com /watch?v=kMAESOBo6c0

4. COORDENADAS CELESTES DE LOS ASTROS

Tras haber comprendido la esfera celeste, ya estamos en condiciones de definir las coordenadas celestes. Existen diferentes conjuntos de coordenadas celestes que se obtienen utilizando distintos sistemas de referencia, o sea diferentes ejes y planos básicos para su definición. Este es un sistema que se ha adoptado para que las posiciones similares a las coordenadas terrestres de latitud y longitud describan la posición de los cuerpos astronómicos en la esfera celeste.

4.1. Coordenadas Horizontales

Tienen como plano fundamental el horizonte verdadero y como línea fundamental la línea zenit-nadir. Así que es evidente que las coordenadas horizontales de un astro concreto dependen de la posición del observador. A todos los círculos máximos que pasen por el zenit y el nadir se les denomina *verticales*, mientras que los círculos (menores) paralelos al horizonte se les denomina *almicantarat*.

Las coordenadas horizontales son:

Altura (a). - Es el arco de círculo vertical contado de 0º a 90º siempre positiva (si el astro es visible), desde el horizonte hasta el almicantarat donde se encuentra el astro. Se mide con el sextante. Cuando se encuentra bajo el horizonte, el astro invisible y por lo tanto la altura será negativa, denominamos a este suceso la depresión.

El ángulo complementario de la altura se denomina *distancia Zenital* (Za) que es el arco de vertical contado desde el astro hasta el zenit.

$$Za = 90° - a$$

Azimut (Z). – Es el arco de horizonte, contado desde los puntos cardinales Norte o Sur hasta la vertical del astro. El azimut se puede contar desde distintos orígenes, lo que define diferentes tipos de azimuts. El *azimut náutico o verdadero* (Zv), se mide en circulares desde el punto cardinal Norte hacia el Este hasta la vertical del astro, va de 0º a 360º; el *azimut cuadrantal* (Zc) se cuenta en cuadrantales desde el polo celeste más cercano (N o S) a la vertical del astro, va de 0º a 90º y se leerían los puntos cardinales como NE, NW, SE

o SW; y por último el *azimut astronómico o Ángulo cenital* (Za), que es el arco de horizonte contado en semicirculares desde el punto cardinal N o S, siempre del mismo nombre que la latitud del observador hasta la vertical del astro. Su valor estará comprendido entre 0º y 180º hacia el E (oriental) u W (occidental). El complemento del azimut es la *Amplitud* que es el arco de horizonte contado desde el Este u Oeste más próximo al vertical del astro.

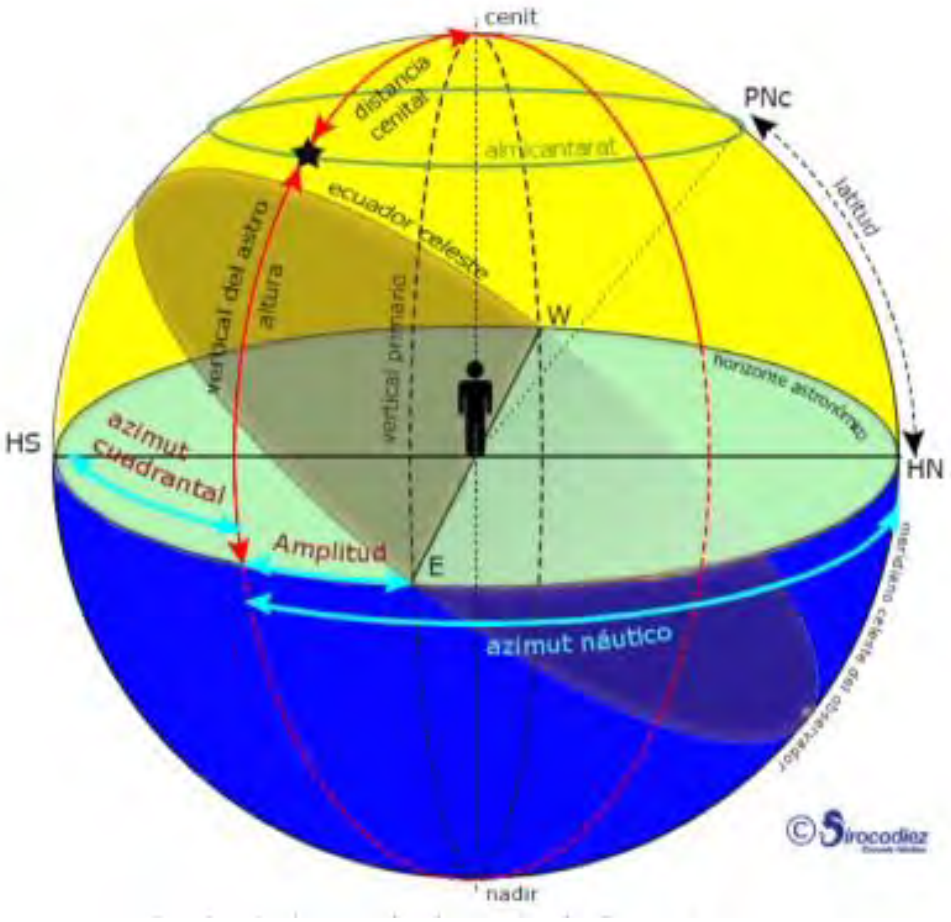


Ilustración 28 – Coordenadas Horizontales.
Fuente: www.youtube.com/watch?v=f5BJArA3QP4

4.2. Coordenadas Horarias

En estas coordenadas el plano de referencia es el ecuador celeste y el eje, la línea de los polos, que es por donde pasan los círculos máximos denominados círculos horarios.

Son lo que en la Tierra llamaríamos *latitud*[22] y *longitud*[23]. Pero en la esfera celeste se traducen respectivamente como *Declinación* y *Horario del Astro en el lugar* que van a ser las coordenadas necesarias para determinar la posición del astro.

Las coordenadas horarias son:

Horario en el lugar (h*l). – Es el arco de ecuador celeste que se mide de 0º a 360º contado desde el meridiano superior de lugar hacia el Oeste hasta el círculo horario del astro. Este, también es llamado *Ángulo en el polo (P)* es el mismo que el azimut del caso anterior pero contado desde el meridiano superior del observador hasta el círculo horario del astro hacia el Este u Oeste, de forma que sea menor de 180º (esta magnitud se utilizará para el cálculo de la posición a partir de observaciones astronómicas).

El horario del astro en el lugar (h*l) está directamente relacionado con el horario del astro en Greenwich (h*G) a través de la longitud (L) del observador.

$$h^*l = h^*G - L\ (W+;\ E-)$$

Hay que tener este en cuenta porque el almanaque náutico nos proporciona el horario en Greenwich, y para realizar los cálculos el que nos hace falta es el horario en el lugar.

Declinación (d). – Es aquel arco de círculo horario del astro, contado desde el ecuador celeste hasta el astro. Se cuenta de 0º a 90º, y decimos que en el hemisferio Norte celeste, tendrán el signo positivo, y un signo negativo en el hemisferio Sur. Esta, es independiente de la posición del observador y la da el almanaque para todos los astros. La *codeclinación o distancia polar* del astro es el complemento de la declinación contado desde el astro hasta el polo elevado (polo de igual latitud que la del observador).

[22] Arco de meridiano entre el ecuador y el paralelo del astro.
[23] Arco de meridiano entre el meridiano de Greenwich y el meridiano del astro.

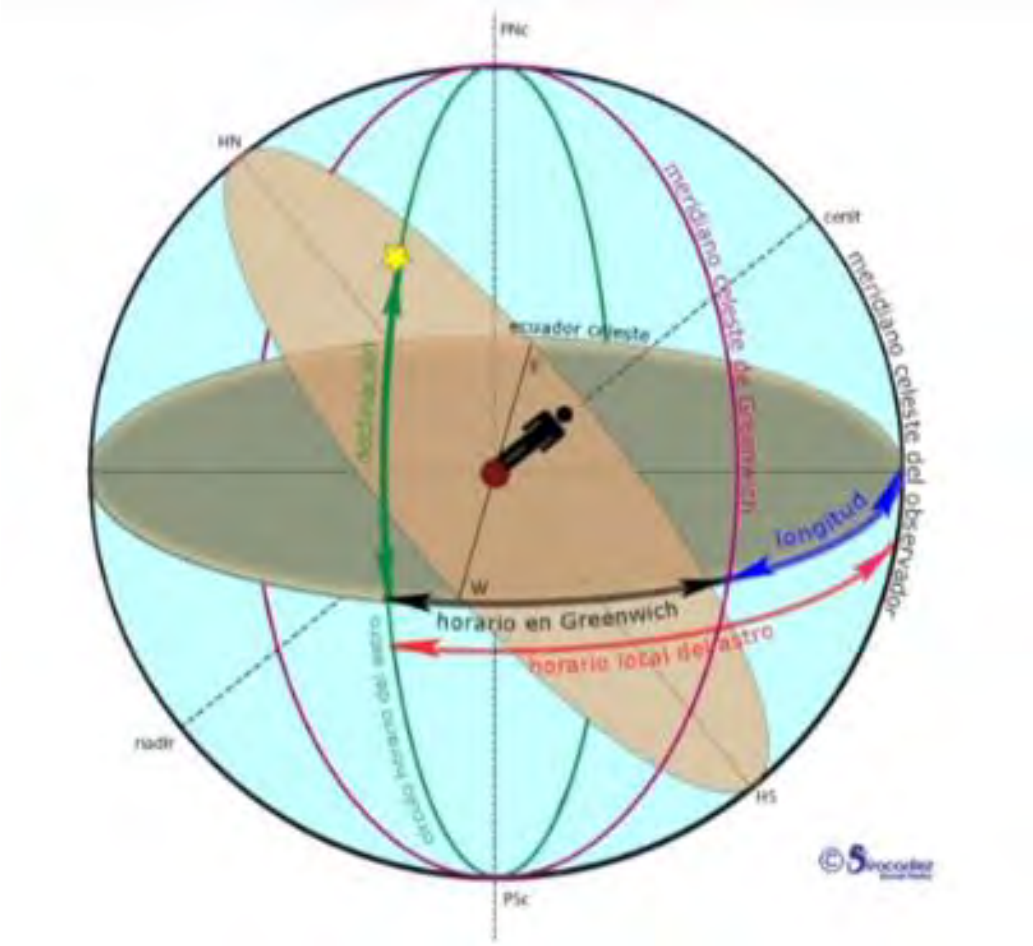


Ilustración 29 – Coordenadas Horarias.
Fuente: www.youtube.com/watch?v=lXXe4g5cecU

4.3. Coordenadas Uranográficas Ecuatoriales

Primero vamos a introducir el concepto de eclíptica, que es el círculo máximo que aparentemente recorre el Sol a lo largo de un año, la cual tiene una inclinación con el ecuador de 23º27' aproximadamente. Los puntos de corte de la eclíptica con el ecuador se llaman punto de Aries o vernal (γ) y punto de Libra (Ω), siendo Aries aquel en el que al pasar el Sol cambia su declinación de Sur a Norte.

En estas coordenadas el plano fundamental de referencia va a ser el ecuador celeste y el eje fundamental va a ser la línea de los polos. Para determinar la posición de un astro vamos a necesitar dos coordenadas (el *ángulo sidéreo* y la *declinación*), y las podremos determinar a partir de un círculo máximo denominado *máximo de ascensión* (que pasa por los polos y por el astro) y por un círculo menor denominado *paralelo de declinación* (que pasa por el

astro). En realidad, estas coordenadas son las mismas que las coordenadas horarias, pero con el fin de hacerlas independientes al observador, tomando el origen para medir los ángulos en el punto vernal en lugar de en el meridiano del observador.

Sistema de coordenadas:

Ascensión Recta (AR). – Se cuenta en tiempo, de 00 horas a 24 horas hacia el Este, la ascensión recta de un astro es el ángulo comprendido entre el círculo horario de Aries y el círculo horario de la estrella. Esta es la conjugada al **Ángulo Sidéreo (AS)** que es el arco de ecuador celeste contado desde el meridiano de Aries hacia el Oeste de 0º a 360º hasta el meridiano de la estrella, esta es la más utilizada por los navegantes.

$$AS = h^*G - h\gamma G \qquad AR = 360° - AS$$

Declinación (d). – Arco de máximo de ascensión comprendido entre el pie del astro en el ecuador celeste y el astro. Se cuenta de 0º a 90º (positiva si es N y negativa si es S).

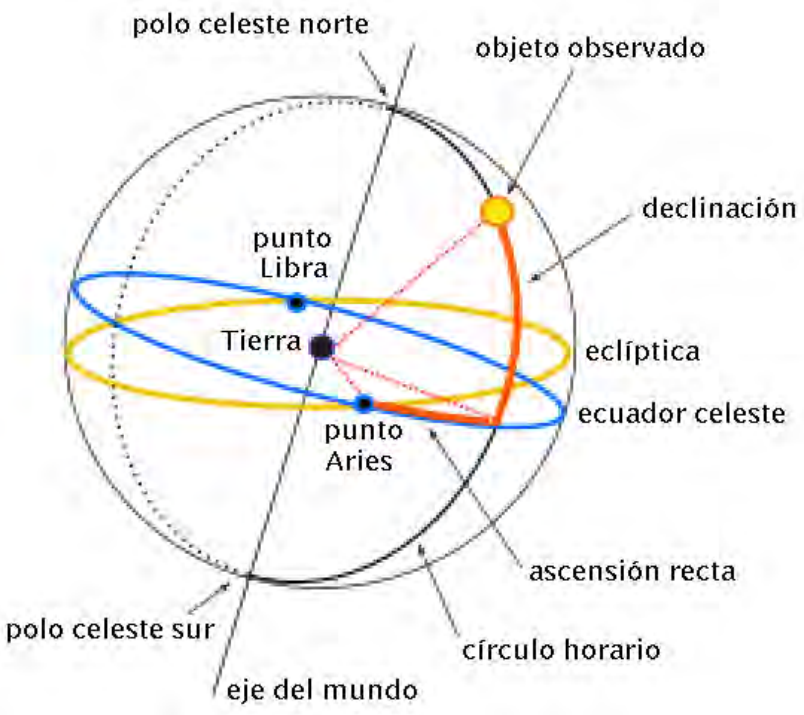


Ilustración 30 – Coordenadas Uranográficas Ecuatoriales.
Fuente: www.es.wikipedia.org/wiki/Coordenadas_ecuatoriales

4.4. Relación entre las distintas coordenadas que se miden en el Ecuador

Para establecer esa relación definimos el *horario de Aries en el lugar* ($h_{\gamma}l$) y el *horario de Aries en Greenwich* ($h_{\gamma}G$) que serán, lógicamente, el ángulo correspondiente al arco de ecuador celeste, de 0º a 360º hacia el Oeste, hasta el primer punto de Aries contado desde el meridiano superior del observador el primero de ellos y desde el meridiano celeste de Greenwich el segundo.

La siguiente imagen representa el ecuador celeste mirado desde el polo Norte celeste y muestra los conceptos antes hablados de manera gráfica y permite obtener de manera evidente una serie de relaciones entre las distintas coordenadas que se definen como arcos de ecuador celeste. Se debe tener en cuenta que la longitud (L) del observador es positiva cuando es Este y negativa cuando es Oeste.

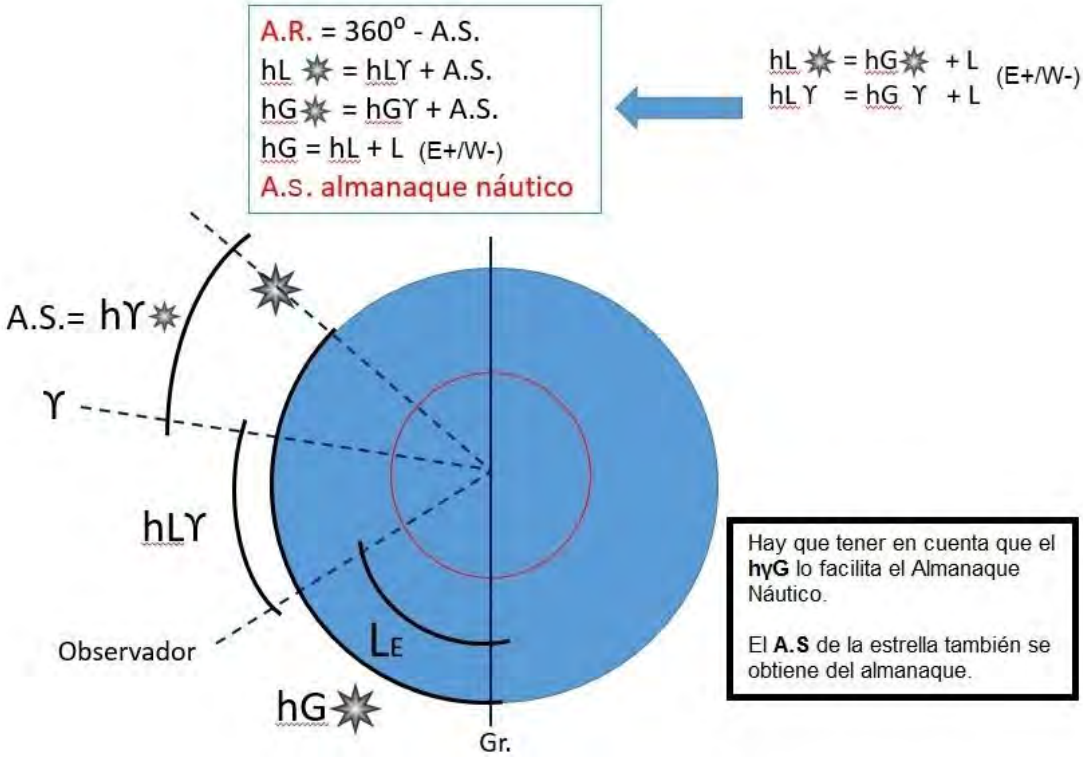


Ilustración 31 – Relación entre las distintas coordenadas que se miden en el ecuador.
Fuente: www.abordonautica.com/relacion-coordenadas-ecuador/

5. TRIGONOMETRÍA ESFÉRICA

Esta fue desarrollada en la Antigua Grecia y ha sido utilizada durante siglos por los marinos por ser la única herramienta analítica a su disposición como ayuda a la navegación y, de hecho, muchos de los procedimientos usados en la actualidad fueron desarrollados en la época de los grandes descubrimientos y grandes expediciones marítimas.

La trigonometría esférica es una herramienta fundamental en la Astronomía de Posición, trata del establecimiento de las propiedades y relaciones entre el triángulo esférico de la esfera terrestre y su proyección en la esfera celeste definido mediante arcos de círculos máximos, así como de la resolución de los mismos.

El triángulo esférico es la parte de la superficie de una esfera limitada por tres arcos de círculos máximos que se cortan entre sí, los cirulos máximos son aquellos que tienen el mismo radio que la esfera y están contenidos en ella, por lo tanto, sus centros geométricos coinciden con el de ésta. Como todo triángulo tendrá 3 vértices, 3 lados y 3 ángulos.

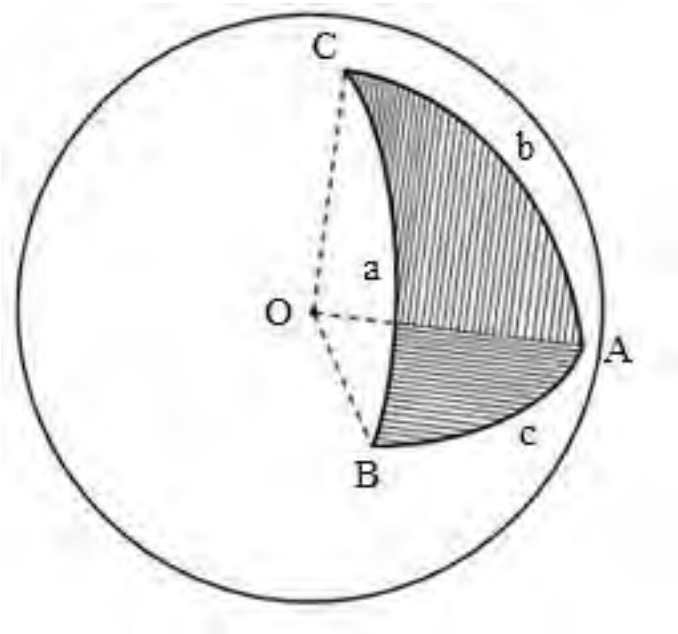


Ilustración 32 – Triángulo esférico.
Fuente: www.ingenieria.anahuac.mx

A partir de este triángulo vamos a ver algunas fórmulas que relacionan este triángulo esférico.

Teorema de los senos. – Los senos de los lados de un triángulo esférico, son proporcionales a los senos de los ángulos opuestos. Dado un triángulo esférico de vértices A, B y C:

$$\frac{\sin a}{sin\ A} = \frac{\sin b}{sin\ B} = \frac{\sin c}{sin\ C}$$

Teorema del coseno. – En este teorema se relacionan los tres lados del triángulo con un ángulo. Dado un triángulo esférico de vértices A, B y C:

$$\cos \mathrm{a} = \cos b \cos c + \sin b\, \mathrm{sen\ c} \cos A$$
$$\cos \mathrm{b} = \cos a \cos c + \sin a\, \mathrm{sen\ c} \cos B$$
$$\cos \mathrm{c} = \cos b \cos a + \sin b\, \mathrm{sen\ a} \cos C$$

Teorema de la cotangente. – En este teorema se relacionan 2 lados, el ángulo comprendido y el opuesto a uno de ellos. Dado un triángulo esférico de vértices A, B y C.

$$\cot a \sin b = \cos b \cos C + \sin C \cot A$$
$$\cot c \sin a = \cos a \cos B + \sin B \cot C$$
$$\cot b \sin a = \cos a \cos C + \sin C \cot B$$
$$\cot c \sin b = \cos b \cos A + \sin A \cot C$$
$$\cot a \sin c = \cos c \cos B + \sin B \cot A$$

5.1. <u>El triángulo de posición</u>

En la astronomía náutica se estudia un área muy importante de la esfera celeste delimitada por el meridiano superior del lugar, el círculo horario del astro y la vertical del mismo astro, los cuales, forman un triángulo esférico indispensable en la Astronomía Náutica llamado el **Triángulo de posición**.

El triángulo de posición será entonces el que en la esfera celeste tiene por:

- **Vértices**: El Polo elevado (P, de igual nombre que la latitud), el Zenit (Z) y el Astro (A).

- Lados (arcos de círculos máximos): La Colatitud $90° - lat$ (polo elevado-zenit), la Distancia Zenital $90° - a$ (zenit-astro) y la Codeclinación o Distancia Polar $90° - d$ (polo elevado-astro).

El triángulo de posición tendrá 3 lados menores de 90º, cuando el astro se encuentre en el mismo hemisferio del observador o solo tendrá el lado de la codeclinación mayor a 90º, cuando se encuentre en distinto hemisferio.

- Ángulos: El Ángulo en el Polo (H_G + L), el Ángulo Zenital o Azimut (Z) y el Ángulo Paraláctico. El triángulo no tendrá ángulos mayores de 180º.

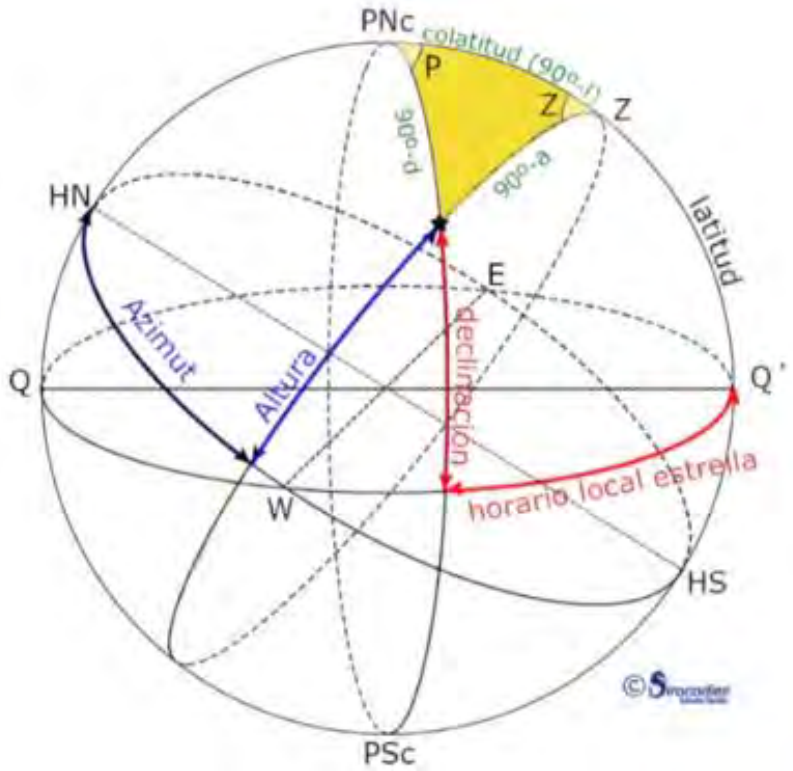


Ilustración 33 – Triángulo de posición.
Fuente: www.youtube.com/watch?v=F1nUAUJSvMk

6. RECOMENDACIONES A LA HORA DE REALIZAR UNA OBSERVACIÓN

Para realizar una observación astronómica de un astro debemos ser capaces de ver el horizonte con nitidez, así como también los astros, y el momento justo de este suceso ocurre en los crepúsculos, al Orto[24] u Ocaso[25] del Sol. Esto quiere decir que debemos ser rápidos en nuestras observaciones porque tenemos un tiempo reducido y limitado para realizarlas (sobre todo en latitudes bajas)[26].

Lo primero que debemos hacer es preparar nuestra observación previamente a realizarla, cerciorándonos de que las condiciones atmosféricas serán las idóneas para ello y, si estas son las adecuadas, calcular las horas del crepúsculo civil y náutico. Conviene planificar qué estrellas vamos a observar, y averiguar donde esperamos verlas porque si sabemos dónde tenemos que mirar, tendremos una mejor oportunidad de ver las estrellas que deseamos mientras el horizonte todavía es nítido. También deberíamos tener nuestro sextante “a punto”, es decir, con el error de índice corregido y el enfoque del anteojo adecuadamente adaptado a nuestra vista.

Además de lo anterior podríamos tener en cuenta fenómenos externos como podrían ser: el viento, la bruma en el horizonte, la mar gruesa o los humos de la chimenea. El viento puede resultar molesto para nuestros ojos a la hora de realizar una observación y de mantener el sextante en una posición fija, se recomienda observar siempre a sotavento. Si tenemos un horizonte brumoso, conviene observar desde la parte más baja de nuestro buque porque teóricamente lo veremos con más nitidez. Con la mar gruesa como el horizonte puede quedarnos distante en algunos momentos, se debe observar desde una parte del buque elevada y segura para minimizar este suceso. No se debe observar nunca en algún lugar donde los rayos luminosos del astro deban atravesar el aire calentado por la chimenea, porque se producirán refracciones irregulares.

[24] Paso del centro de cualquier astro por el horizonte. Pasando de no ser visible a visible. (Amanecer)
[25] Paso del centro de cualquier astro por el horizonte. Pasando de ser visible a no visible. (Atardecer)
[26] Porque los crepúsculos en estas zonas son muy cortos, ya que el Sol sube y baja con una trayectoria vertical muy rápido.

Siempre que podamos, debemos realizar la observación en **circunstancias favorables** ¿Qué circunstancias son estas? Podemos clasificar dos circunstancias incompatibles entre sí, que son las mejores para una observación:

- La latitud y declinación deben tener el mismo signo, es decir, deben pertenecer al mismo hemisferio. (Esta circunstancia siempre ha de cumplirse).
- El **astro pasa por el vertical primario** (Z = 090º o Z=270º), se produce cuando la latitud es menor que la declinación.
- **Ángulo paraláctico recto**, se produce cuando la declinación es menor que la latitud.

Cuando se cumple alguna de las circunstancias favorables, la variación en altura del astro por unidad de tiempo es máxima.

Tanto si se cumplen las circunstancias favorables como si no, el **astro** a observar debe tener una **altura muy pequeña**, es decir, se recomienda la observación de astros con **poca declinación** y cuando tienen una altura comprendida entre 15º y 20º. ¿Por qué? Porque queremos generar triángulos de posición con lados grandes.

A la hora de realizar una observación podemos cometer errores, los cuales desencadenan otros errores. Por ejemplo, suponemos que conocemos exactamente la latitud y la altura, pero tenemos un pequeño error en la declinación que nos va a provocar un error en el horario. Para minimizar esté error vamos a realizar la deducción de la siguiente ecuación:

$$\sin a = \sin l \ \sin d + \cos l \ \cos d \ \cos P$$

Diferenciando en función del ángulo en el polo, P y la declinación, d (únicas variables) se tiene:

$$0 = \sin l \ \cos d \ \Delta d - \cos l \ \sin d \ \cos P \ \Delta d - \cos l \cos d \ \sin P \ \Delta P$$

$$\Delta P = \frac{\sin l \cos d - \cos l \sin d \cos P}{\cos l \cos d \sin P} \Delta d$$

$$\Delta P = \left(\frac{\tan l}{\sin P} - \frac{\tan d}{\tan P}\right) \Delta d$$

Esta expresión se simplifica teniendo en cuenta que en la fórmula general:

$$\tan l \cos d = \sin d \cos P + \sin P \cot A$$

Donde A es el ángulo paraláctico[27], dividiendo por $\cos d \sin P$, resulta:

$$\frac{\tan l}{\sin P} = \frac{\tan d}{\tan P} + \frac{\cot A}{\cos d}$$

$$\frac{\tan l}{\sin P} - \frac{\tan d}{\tan P} = \frac{1}{\cos d \tan A}$$

El primer término de esta expresión es igual al término entre paréntesis de la fórmula anterior, sustituyendo resulta:

$$\boxed{\Delta P = \frac{1}{\cos d \tan A} \Delta d}$$

$$\Delta P = \frac{\Delta d}{\cos d \tan A} = \frac{\Delta d \cos A}{\cos d \sin A}$$

Como $\cos d \sin A = \cos l \sin Z$ (según el teorema del seno):

$$\boxed{\Delta P = \frac{\Delta d \cos A}{\cos l \sin Z}}$$

Del análisis de las ecuaciones anteriores se deduce: Para que **ΔP** sea mínimo, es necesario que los denominadores $\cos d \sin A$ y $\cos l \sin Z$ sean máximos. Como la latitud no se puede escoger, resulta que para que sea mínimo el ángulo en el polo es necesario escoger astros cuya declinación sea cero y que en ese instante corte al vertical primario (Z=90°) o que esté en máxima elongación (A=90°) condiciones análogas a las obtenidas anteriormente, al calcular el error en el ángulo en el polo por un error en la altura.

[27] Uno de los tres ángulos del triángulo de posición.

7. RECONOCIMIENTO DE UN ASTRO. EJERCICIOS PRÁCTICOS

A continuación, vamos a desarrollar una serie de métodos para el reconocimiento de astros, quizá vayamos a reflejar casi todos los procedimientos en el programa Excel que hemos diseñado. Pero solo como elemento de apoyo a cualquier tipo de procedimiento ya que en este trabajo lo que busco defender es mantener la enseñanza de los conocimientos de navegación más tradicionales.

7.1. Reconocimiento mediante el uso de las Tablas Náuticas

Estas llamadas *Tablas Náuticas* (Graiño, 1980) se publicaron con el fin de poder tener a bordo una versión reducida y manuable de las admirables *Tablas de Navegación* publicadas por el Capitán Mendoza[28]. El objeto principal de éstas era la de poder resolver con rapidez y facilidad todos los problemas de navegación de altura, costera y de estima; entre otros tantos problemas que se le pudieran presentar al navegante ya que en esa época no existían todavía las calculadoras.

Vamos a desarrollar el procedimiento que se seguiría antiguamente para el reconocimiento de un astro con las Tablas Náuticas. Intentaré hacer una explicación detallada de todos los pasos a seguir para la resolución del ejercicio, aun así, en la parte final del libro se podrá encontrar una explicación del uso de todas y cada una de las tablas que aparecen en este.

He elegido la última parte de un ejercicio resuelto cualquiera, que desarrollamos en clase en el año 2015. Dice así:

El día 24 de marzo de 2015, en situación latitud 30°57,6' N y Longitud 063°10,3' W al tener una hora reloj de cronómetro (Hcr) 05.15.18 se toma altura instrumental de astro desconocido (ai) 44°50' y Azimut verdadero (Zv) del astro desconocido 105°.

Estado absoluto (E.A) 0 horas del día 24 = 06.00.00

Movimiento diario del cronómetro 4 sg en atraso

Error de índice (e.i) 2' izquierda

Elevación del observador (e.o) 16 metros

[28] José de Mendoza y Ríos (29 enero 1761 – 4 marzo 1816) Astrónomo y matemático español.

Los datos que nos hacen falta para poder buscar un astro en el *Almanaque Náutico* son el Ángulo Sidéreo (A.S) y la declinación (d) del astro. Para calcular el A.S nos hacen falta el horario de Aries y el horario del astro. Pues bien, el horario de Aries lo obtendremos con el *Almanaque Náutico* y el horario del astro lo deberemos obtener mediante el uso de estas *Tablas Náuticas*.

Tenemos la Altura instrumental de un astro (ai), para trabajar en cualquier problema de reconocimiento de astros deberemos calcular la altura verdadera del astro (av) tras corregirlo por error instrumental, depresión del horizonte y refracción. **(Anexo I)**

a.i	=	44°50'	
e.i	=	2' -	
a.ob	=	44°48'	
D.ap	=	-7.1'	e.o = 16m
a.ap	=	44°40.9'	
cr	=	1' -	
a.v	=	44°39.9'	

CÁLCULO DEL ÁNGULO SIDÉREO (A.S) DEL ASTRO DESCONOCIDO

Las tablas para calcular el Azimut del astro (Z) las podemos utilizar para calcular igualmente el Ángulo en el polo (P), sustituyendo la Declinación (d) por la Altura (a) y el Ángulo en el polo (P) por el Azimut (Z). Estas tablas facilitan la resolución del problema porque permite calcular rápidamente la siguiente fórmula.

$$\cot P = \cos l \left(\frac{\tan a}{\sin Z} - \frac{\tan l}{\tan Z}\right)$$

$$\cot Z = \cos l \left(\frac{\tan d}{\sin P} - \frac{\tan l}{\tan \mathrm{P}}\right)$$

Esta **tabla del Azimut** se ha dividido en tres partes: En la primera se halla el valor de $p' = \frac{\tan d}{\sin a}$; en la segunda, se halla el valor de $p'' = -\frac{\tan l}{\tan a}$ y en la tercera, se resuelve la fórmula reducida $\cot Z = p \cos l$, siendo $p = p' + p''$, con la que se obtiene el Azimut.

Para los siguientes cálculos necesitaríamos la Declinación (d) y el Ángulo en el Polo (P), pero como no tenemos estos datos, entraremos con la Altura del astro (a) y el Azimut (Z).

Declinación = Altura del astro = 44°39,9'
Ángulo en el polo = Azimut = 105°

Primera parte. Cálculo de p'

Altura del astro = 44°39,9'
Azimut = 105°

Buscamos en la columna de la "Declinación" los grados correspondientes, **44°** 39,9' y en las columnas del "Ángulo en el polo" su correspondiente, **105°**. **(Anexo II)**
Como los resultados están calculados de grado en grado, tendremos que interpolar.

	105°
44°	1.00
45°	1.04

Como tenemos minutos de altura 44°**39.9'** tendremos que interpolar para calcular p' con exactitud. Si en 1° varía 0.04, en 0°39.9' variará "x". Calculamos el valor haciendo una diferencia tabular con una regla de tres.

1° - 0.04

0°39.9' - x

$$x = 0.026$$

$$p' = 1.00 + 0.026$$

$$p' = 1.026$$

Regla de signos
p' siempre será positiva en este cálculo en concreto

Segunda parte. Cálculo de p''

latitud = 30°57.6'
Azimut = 105°

Buscamos en la columna latitud y buscamos **30°**57.6' y en las columnas "Ángulo en el polo" **105°**. **(Anexo III)**

	105°
30°	0.15
31°	0.16

Tenemos que interpolar, 30°**57.6'**

1° - 0.01

0°57.6' - x

x = 0.0096

$$p'' = 0.15 + 0.0096$$

$$p'' = 0.1596$$

Regla de signos

Z Norte **+**
Z Sur **-**

Azimut en cuadrantales

Tercera parte. Cálculo de *"p"* y del Ángulo en el polo (P)

$$p = p' + p''$$

$$p = 1.026 + 0.1596$$

$$p = 1.1856$$

En esta tabla buscaremos en la columna de la latitud **30°**57.6' y en esta fila buscaremos "*p*" **1.1856**. Así obtendremos los grados del Ángulo en el polo, fijándonos en la columna correspondiente. **(Anexo IV)**

	44°	45°
30°	1.20	1.15
31°	1.21 →	1.17

Para obtener los minutos de grado del Ángulo en el polo tendremos que interpolar. Como la latitud es casi 31°, vamos a hacer la diferencia tabular en esa fila entre los 44° y los 45°.

$$1° \quad - \quad 0.4$$

$$x \quad - \quad 0.3$$

$$x = 0.75 = 0°\,45'$$

$$\text{Ángulo en el polo (P)} = 44°45'$$

$$PE = 44°45'$$

Si	P +	h*l < 90º
Si	P -	h*l > 90º

El Ángulo en el polo tendrá la letra cardinal E u W de acuerdo con el Azimut. Como el Azimut tiene un valor de 105° y según la regla de signos, este se cuenta hacia el Este, el Azimut tendrá la letra cardinal Este (E).

Con el Ángulo en el polo, podemos obtener el Horario del astro en el lugar (h*l).

$$h * l = PW$$

$$h * l = 360° - PE$$

$$h * l = 360° - 44°45'$$

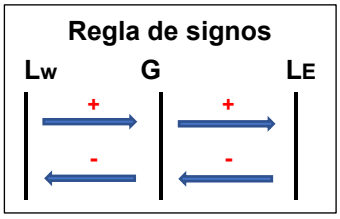
$$h * l = 315°15'$$

Este Horario del astro en el lugar (h*l) lo tenemos que pasar a Horario del astro en Greenwich (**h*g**) aplicándole la Longitud 063°10.3' W.

$$\boldsymbol{h * l = 315°15' + \mathrm{L}}$$

$$\boldsymbol{h * l = 315°15' + 063°10,3'\ \mathrm{W}}$$

$$\boldsymbol{h * g = 018°25,3'}$$



Para calcular el Ángulo Sidéreo (A.S), tenemos que obtener el **horario de Aries en Greenwich (hϒg)**.

$$\boldsymbol{A.S = h * g - h\Upsilon g}$$

Para calcular el hϒg, nos hace falta obtener la Hora civil en Greenwich (HcG) del día de la observación.

Hcr	=	05.15.18				
E.A	=	06.00.00 +				
Hpg	=	11.15.18	$\pm 12h$	HpG	=	23.15.18
ppm	=	00.00.02 +				
HcG	=	11.15.20	$\pm 12h$	HcG	=	23.15.20
Z	=	004°12'41"		Z	=	004°12'41"
HRB	=	07.15.20		HRB	=	19.15.20

Cálculo de las partes por minuto (ppm)

En este cálculo hemos de tener en cuenta el movimiento diario del cronómetro, 4sg en atraso.

24° - 4"

11°15'18" - ppm

ppm = 2"

Como es en atraso, se lo sumaremos a la Hora próxima en Greenwich (Hpg) para obtener la civil.

La observación se realizará en torno al inicio o fin del crepúsculo civil que es cuando se pueden distinguir las estrellas de mayor magnitud y todavía se puede apreciar el horizonte. Este día, según nuestra latitud, esa hora (HRB) más o menos es **18h 38min**; este dato lo obtenemos del *Almanaque Náutico* fijándonos en las páginas siguiente y anterior ya que en la del día en la que nos encontramos solo aparece la hora de Salida.
Con esta Hora civil en Greenwich, ya podemos obtener el Horario de Aries en Greenwich a las 23h. (**Anexo V)**

$$\boldsymbol{h\Upsilon g = 167°05.9'}$$

Hacemos una interpolación para obtener la corrección por minutos y segundos (cmys) del Horario de Aries en Greenwich.

60'	-	**15°2.5'**
0°15'20"	-	**cmys**

$$\mathbf{cmys = 03°50'}$$

$$\boldsymbol{h\Upsilon g = 167°05.9' + 03°50'}$$

$$\boldsymbol{h\Upsilon g = 170°55.9'}$$

$$\boldsymbol{A.S = 018°25,3' - 170°55.9'}$$

$$\boldsymbol{A.S = -152°30.6'}$$

Como el A.S me queda negativo, hay que sumarle 360°

$$\boldsymbol{A.S = -152°30.6' + 360°}$$

$$\boldsymbol{A.S = 207°29.4'}$$

CÁLCULO DE LA DECLINACIÓN (d) DEL ASTRO DESCONOCIDO

Una vez calculado el "*h*l*", nos haría falta calcular la "*d*" según la siguiente fórmula:

latitud = 30°57.6'
a.v = 44°39.9'

$$\sin d = \sin l \ \sin a + \cos l \ \cos a \ \cos Z$$

$$\sin d = A + B$$

$$A = \sin l \ \sin a$$

$$B = \cos l \ \cos a \ \cos Z$$

Cálculo de A

Las tablas trabajan con logaritmos aumentados en diez.

$$A = \log_{10} \sin l \ \log_{10} \sin a$$

$$A = \log_{10} \sin 30°57.6' \ \log_{10} \sin 44°39.9'$$

Buscamos las Tablas ***"Logaritmos de las funciones circulares"*** (pgs20-109).

$$\log_{10} \sin 30°57.6'$$

Buscamos **30°** en estas tablas (pg80), en esta misma columna buscamos los **57'** de latitud y en la columna del **sen** obtenemos el número **9.71121**. En la columna ***"d"*** tenemos las diferencias de los logaritmos que las comprenden, para el cálculo de las décimas de minuto, en este caso **0.6'** que, con el número de dicha columna, **21** podemos irnos a la parte inferior de esta tabla y en la misma columna del número 21, en la fila de las decimas de minuto de la parte izquierda 0.6 obtenemos el número **12.6** que nos indica la parte proporcional que habría que sumarle en este caso al número obtenido anteriormente **121 + 12.6 (Anexo VI)**

$$\log_{10} \sin 30°57.6' = 9.711336$$

Realizaremos el mismo procedimiento con el otro logaritmo de la ecuación

$$\log_{10} \sin 44°39.9'$$

Buscamos **44°** en estas tablas (pg108), en esta misma columna buscamos los **39'** de altura y en la columna del **sen** obtenemos el número **9.84682**. En la columna ***"d"*** obtenemos el número **12** y vamos a la parte inferior de la tabla y en la misma columna del número 12, en la fila de las decimas de minuto de la parte izquierda **0.9** obtenemos el número **10.8** que nos indica la parte proporcional que habría que sumarle en este caso al número obtenido anteriormente **682 + 10.8 (Anexo VII)**

$$\log_{10} \sin 44°39.9' = 9.846928$$

El logaritmo de un número es la suma de sus productos

Log sin 30°57.6'	=	9.711336	-10
Log sin 44°39.9'	=	9.846928	-10
Log A	=	19.558264	-20
Log A	=	9.558264	-10

Para calcular A nos vamos a las tablas ***"Logaritmos de los números"***
Trabajaremos con los decimales del número obtenido, 9.**558264**
Buscamos el número decimal **55** (que lo encontramos en las páginas 7-8), en la columna **0** que será la parte entera del número que queremos obtener. En la misma columna buscamos los siguientes números decimales **826** (pag. 8), encontramos el número 823 que es el más cercano al que buscamos en la columna **6** (que este número lo utilizaremos más adelante para obtener el número que buscamos), en la misma fila de este número 823, buscamos en la columna N de la derecha el que se le corresponde **361**, que será la primera parte decimal del número que queremos obtener al que le va a seguir eso número 6 anterior y el último dígito lo obtendremos de la interpolación entre el 823 y 3l 826. Número final: **0.36163 (Anexo VIII)**

N	0	6	7
361	55	823 →	835

$$A = 0.36163$$

Interpolación para el último decimal

De 6 a 7 le diferencia es 1. De 835 a 823, 12. Y de 826 a 823, 3.

1 - 12

x - 3

x = 0,25

Cálculo de B

$$B = \log_{10} \cos l \ \log_{10} \cos a \ \log_{10} \cos Z$$

$$B = \log_{10} \cos 30°57.6' \ \log_{10} \cos 44°39.9' \ \log_{10} \cos 75$$

Buscamos las Tablas ***"Logaritmos de las funciones circulares"*** (pgs20-109).

$$\log_{10} \cos 30°57.6'$$

Buscamos **30°** en estas tablas (pg80), en esta misma columna buscamos los **57'** de latitud y en la columna del **cos** obtenemos el número **9.93329**. En la columna ***"d",*** obtenemos el número **7**, nos vamos a la parte inferior de esta tabla y en la misma columna del número 7, en la fila de las decimas de minuto de la parte izquierda 0.6 obtenemos el número **4.2** que nos indica la parte proporcional que habría que sumarle al número obtenido anteriormente. **329 + 4.2 (Anexo IX)**

$$\log_{10} \sin 30°57.6' = 9.933332$$

Realizaremos el mismo procedimiento con los otros logaritmos de la ecuación

$$\log_{10} \cos 44°39.9'$$

Buscamos **44°** en estas tablas (pg108), en esta misma columna buscamos los **39'** de altura y en la columna del **cos** obtenemos el número **9.85212**. En la columna ***"d"*** obtenemos el número **12**, nos vamos a la parte inferior de la tabla y en la misma columna del número 12, en la fila de las decimas de minuto de la parte izquierda **0.9** obtenemos el número **10.8** que nos indica la parte

proporcional que habría que restarle en este caso al número obtenido anteriormente **212 - 10.8 (Anexo X)**

$$\mathbf{\log_{10} \sin 44°39.9' = 9.852012}$$

El logaritmo del Azimut 105°, lo introduciremos en cuadrantales **S75E**

$$\mathbf{\log_{10} \cos 75°}$$

Buscamos **75°** en estas tablas (pg48), en esta misma columna buscamos los **0'** de azimut y en la columna del **cos** obtenemos el número **9.98494** (Nos sale un número negativo porque el valor cuadrantal es Sur, y por lo tanto negativo. Aunque a la hora de operar el signo no se tiene en cuenta. Los logaritmos siempre se suman). **(Anexo XI)**

$$\mathbf{\log_{10} \cos 75° = 9.41300}$$

El logaritmo de un número es la suma de sus productos

Log cos 30°57.6'	=	9.933332	-10
Log cos 44°39.9'	=	9.852012	-10
Log cos 75°	=	9.41300	-10
Log B	=	29.198344	-30
Log B	=	9.198344	-10

Para calcular B nos vamos a las tablas ***"Logaritmos de los números"***
Trabajaremos con los decimales del número obtenido, 9.**198344**
Buscamos el número decimal **19** (pg 4), en la columna **0** que será la parte entera del número que queremos obtener. Buscamos los siguientes números decimales **834**, encontramos el número 838 que es el más cercano al que buscamos en la columna **9**, en la misma fila de este número 838, buscamos en la columna N de la derecha el que se le corresponde **157**, que será la primera parte decimal del número que queremos obtener al que le va a seguir

eso número 9 anterior y el último dígito lo obtendremos de la interpolación entre el 834 y el 838. Número final: **0.1578 (Anexo XII)**

N	0	8	9
157	19	811 →	838

$$B = -0.15788$$

Interpolación para el último decimal

De 6 a 7 le diferencia es 1. De 835 a 823, 12. Y de 826 a 823, 3.

1 - 27

x - 23

X = 0,8

Hay que tener en cuenta el signo negativo del número obtenido anteriormente.

Ahora que tenemos el valor de A y B nos vamos a nuestra ecuación inicial para resolverla.

$$\sin d = A + B$$

$$\sin d = 0.36163 + (-0.15788)$$

$$\sin d = 0.20375$$

Para terminar con esta parte del ejercicio, nos vamos a las tablas de las ***"funciones circulares"*** (pgs 238-282).

$$\sin d = 0.20375$$

Buscamos en la columna del sen el **0.20** (pg 249), así obtenemos los grados **11°** y en la misma columna buscamos los siguientes dígitos 375, encontramos el 364 que es el más cercano para sacar los minutos **45'**. E interpolaremos para obtener los segundos. **(Anexo XIII)**

11°	sen		d
	0.20		
45'		364	29
46'		393	

$$d = 11° \, 45.4'$$

Interpolación para los segundos

De 45' a 46' le diferencia es 1'. De 364 a 375. Y de 826 a 823, 3.

1' - 29

x - 11

X = 0.4'

Una vez que tenemos el **Ángulo Sidéreo (A.S)** y la **declinación (d)**, nos vamos a las páginas (376-379) del almanaque y buscamos estos valores. **(Anexos XIV y XV)**

$$A.S = 207° \ 29.4'$$

$$d = 11° \ 45.4'$$

La estrella que estamos observando sería **Regulus**.

A.S = 207°42'

d = 11°53.3'

7.2. Reconocimiento mediante enfilaciones de las constelaciones más importantes y sus estrellas principales.

Probablemente esta sea la manera más fácil de reconocer un astro, ya que lo único que se necesita es un cielo algo despejado para encontrar y reconocer las constelaciones. Esto consiste en trazar líneas imaginarias entre constelaciones, identificando así estrellas que nos sirvan para realizar cálculos o encontrar el Norte. Las constelaciones más interesantes en Navegación para reconocer las estrellas principales son: Osa Mayor, Osa Menor, Casiopea, Orión, Escorpio, Cruz del Sur, Pegaso y Andrómeda.

Enfilaciones de la **OSA MAYOR**, conocida también por el Carro son:

- Tomando una enfilación de *Merak* a *Dubhe* y prolongando la distancia entre estas dos cinco veces, encontramos la ***Estrella Polar***[29] perteneciente a la constelación de la **OSA MENOR**. (línea naranja)
- Prolongando *Merak* y *Dubhe* en dirección contraria a la anterior, encontramos la constelación de **LEO**, con sus estrellas principales *Regulus* y *Denebola*. (línea amarilla)
- Al otro lado de la *Polar* y a similar distancia que la OSA MAYOR, encontramos la constelación de **CASSIOPEA**. (línea verde)
- Prolongando la vara del CARRO y su curvatura, encontramos *Arcturus*, perteneciente a la constelación de **BOYERO**. Siguiendo con esta línea daríamos con **VIRGO** cuya estrella principal es *Spica.* (línea morada)

[29] Estrella que señala el Norte verdadero y es la única estrella que no tiene movimiento aparente o, al menos lo tiene muy pequeño.

- Prolongando Alioth y Merak hacia la derecha encontramos la constelación de **GEMINIS**, con sus dos estrellas principales *Castor* y *Pollux*. (línea marrón)
- Prolongando *Regulus* (LEO), que pase por la parte trasera del CARRO, llegamos al denominado TRIÁNGULO DE VERANO o TRIANGULO ESTIVAL constituido por tres constelaciones: la del **ÁGUILA** con la estrella *Altair*, la del **CISNE** con *Deneb* y la de **LIRA** con *Vega*.
- Prolongando una enfilación de Dubhe (CARRO) a Arturus (BOYERO) llegamos a **ESCORPIÓN** con su estrella principal *Antares.*

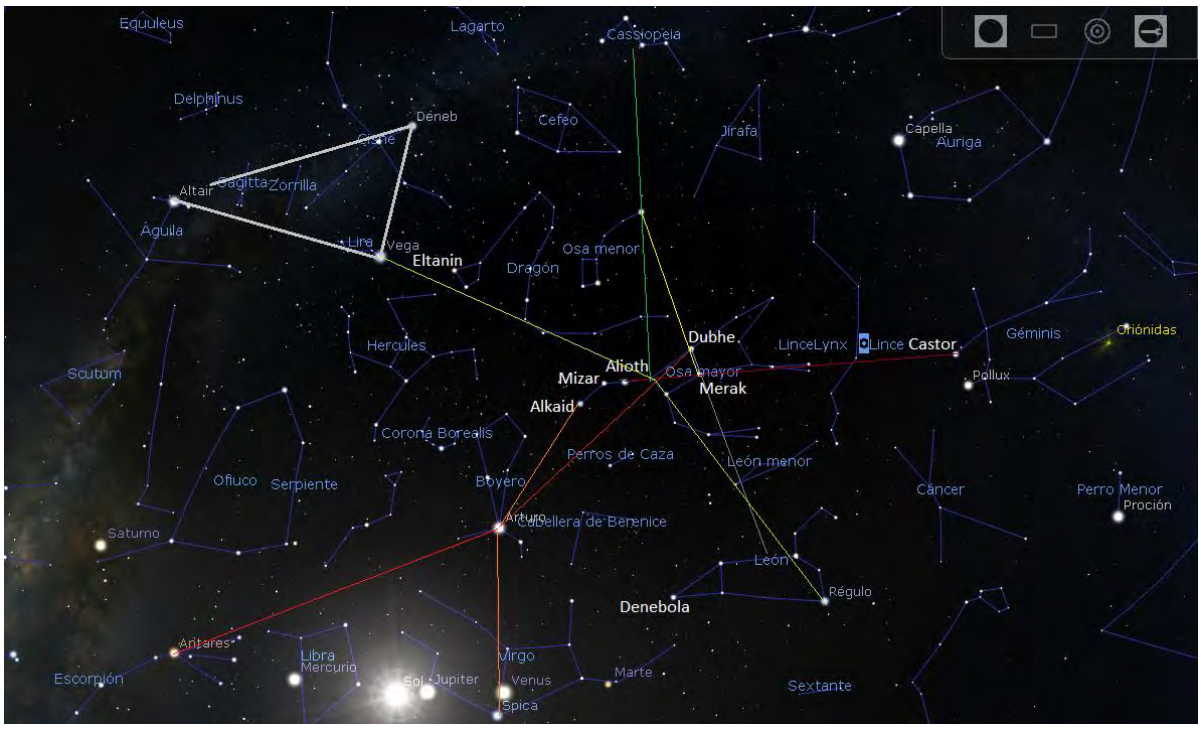


Ilustración 34 – Enfilaciones de la OSA MAYOR.
Fuente: Stellarium

Enfilaciones de **ORION** (estrellas principales *Betelgeuse*, *Bellatrix* y *Rigel*):

- Prolongando el Cinturón de Orión, también conocido como las tres marías o los tres reyes magos (*Alnilam*, *Alnitak*, *Mintaka*) hacia el Noroeste (NW), encontramos la constelación de **TAURO** con su estrella principal *Aldebarán* (línea amarilla). Si por el contrario lo prolongamos hacia el Sureste (SE), encontramos la constelación del **CAN MAYOR**

con su estrella principal *Sirius*, la más brillante del firmamento. (línea roja)

- Prolongando la enfilación de Bellatrix a Betelgeuse encontramos el **CAN MENOR** con su estrella principal Procyon.
- Prolongando una línea imaginaria de *Rigel* y *Betelgeuse* llegamos a **GEMINIS**, pasando cerca de *Alhena* y *Castor*.
- Dibujando una línea imaginaria de *Sirius* a *Betelgeuse* y prolongándola llegamos a la constelación del **AURIGA** con su estrella principal *Capella*.

Ilustración 35 – Enfilaciones de ORION.
Fuente: Stellarium

Enfilaciones de la **CRUZ DEL SUR** (esta es la "estrella polar" del hemisferio Sur ya que indica el Polo Sur Celeste):

- Prolongando *Acrux* y *Mimosa* encontramos la constelación de **VIRGO** con *Spica*.

- Prolongando el brazo más corto de la cruz con *Decrux* y *Mimosa* se pasa muy cerca de primero *Hadar* y luego *Rigil Kentaurus* de la constelación de **CENTAURO**.
- Si prolongamos *Acrux* y *Hadar* damos con **ESCORPIÓN,** *Antares*.
- Si trazamos una línea imaginaria de *Gacrux* a *Decrux* y la prolongamos llegamos a la constelación **PUPPIS** y su estrella principal *Canopus*.
- Prolongando *Gacrux* y *Acrux* encontramos la estrella *Achernar* de la constelación ERIDANUS. Esta enfilación es especialmente importante porque a medio camino entre *Acrux* y *Achernar* tenemos el **Polo Sur Celeste**.

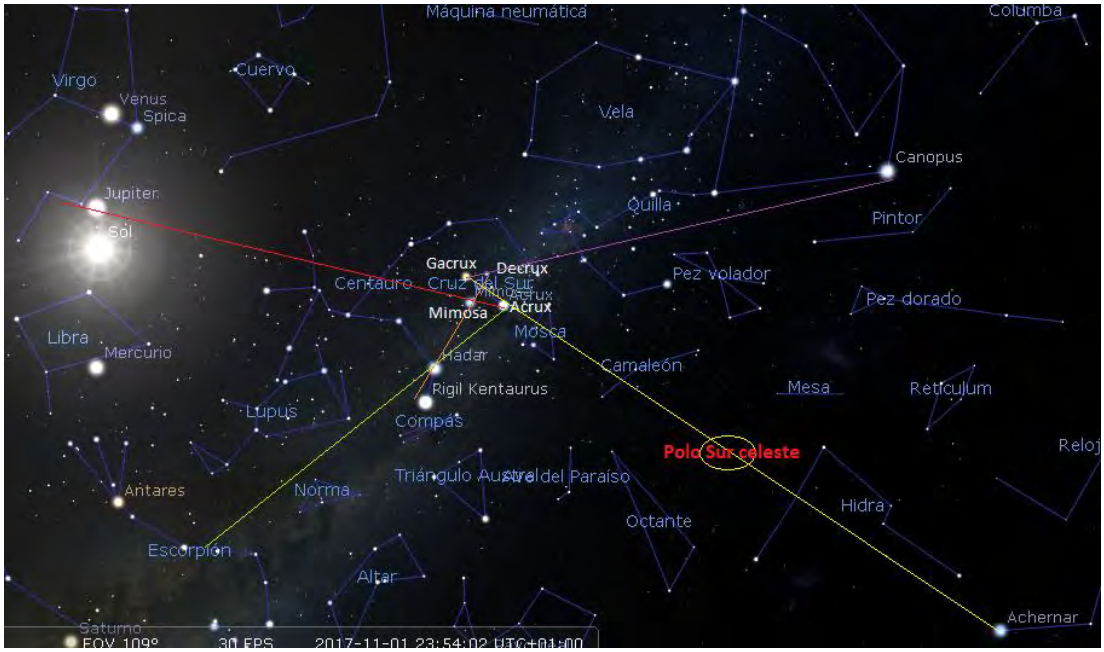


Ilustración 36 – Enfilaciones de la CRUZ DEL SUR.
Fuente: Stellarium

Enfilaciones de **PEGASO** y **ANDROMEDA**:

- Enfilando *Scheat* con *Markab* caemos en la estrella *Fomalhault* de la constelación **PEZ AUSTRAL**.
- Prolongando *Alpheratz* y *Scheat* llegamos a la constelación del **ÁGUILA** con *Altair*. Pero si realizamos esta prolongación hacia el lado contrario nos encontramos con la constelación de **ARIES** y su estrella *Hamal*.

- Si trazamos una línea imaginaria en la diagonal de *Algenib* hacia *Scheat* pasamos cerca de *Deneb* de la constelación del **CISNE** y cerca de *Vega* de la constelación de **LIRA**.
- Prolongando *Alpheratz* y *Algenib* pasamos cerca de la estrella *Diphda* de la constelación de la **BALLENA**.
- Prolongando *Algenib* y *Markab* enseguida encontramos la estrella *Enif*.

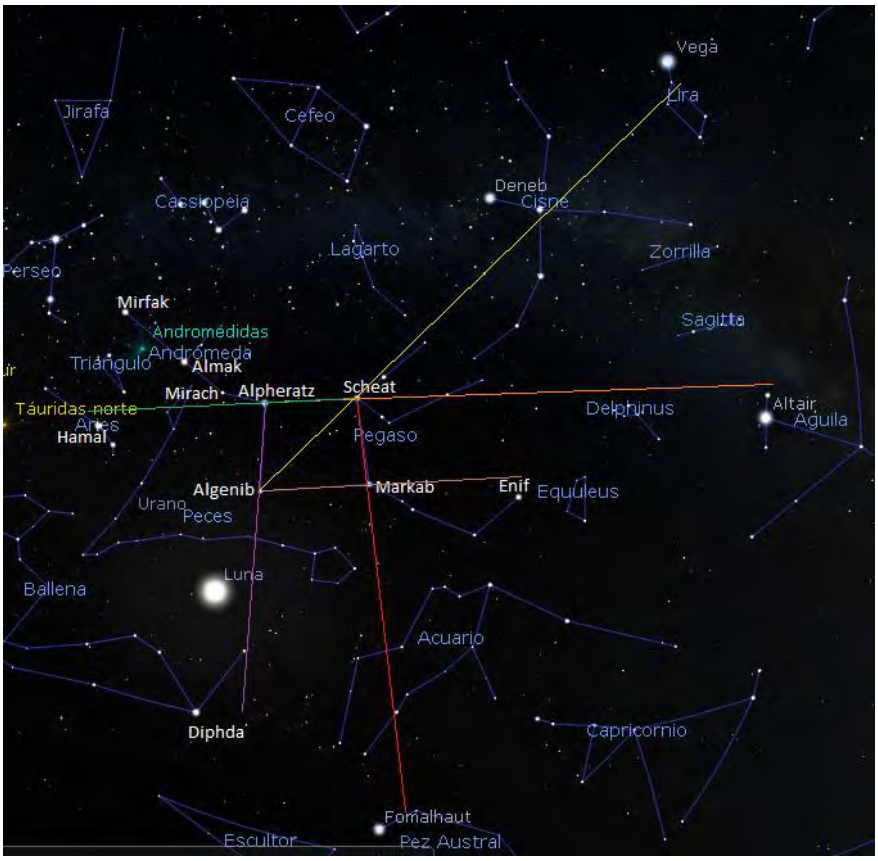


Ilustración 37 – Enfilaciones de PEGASO y ANDROMEDA.
Fuente: Stellarium

7.3. Programas Informáticos

Existen programas software gratuitos que simulan el cielo en un espacio tridimensional, mostrando la posición de los diferentes cuerpos celestes tal como los contemplaría un observador desde cualquier lugar y en cualquier momento.

Algunos de estos programas podrían ser Stellarium o Cartes du Ciel. En nuestro caso para este trabajo hemos trabajado con Cartes du Ciel para

realizar comprobaciones de los datos de nuestra observación, aunque se podría comprobar de igual manera con Stellarium u otros.

Metiendo los datos de la observación, fecha, hora (tener en cuenta que este programa trabaja con Hora reloj de bitácora y calcula automáticamente la Hora civil de Greenwich), zona horaria, lugar y elevación del observador; el programa nos muestra el cielo tal y como lo observaríamos en ese preciso momento. Pudiendo así seleccionar o buscar cualquier estrella que tengamos a la vista y ver sus características buscándolo por su nombre y haciendo doble clic en el astro, así, nos aparecería toda la información de esa estrella, en nuestro caso nos interesa mirar su Altura y Azimut para comprobar que nuestros cálculos son los correctos, también hemos comprobado el día Juliano de la misma manera.

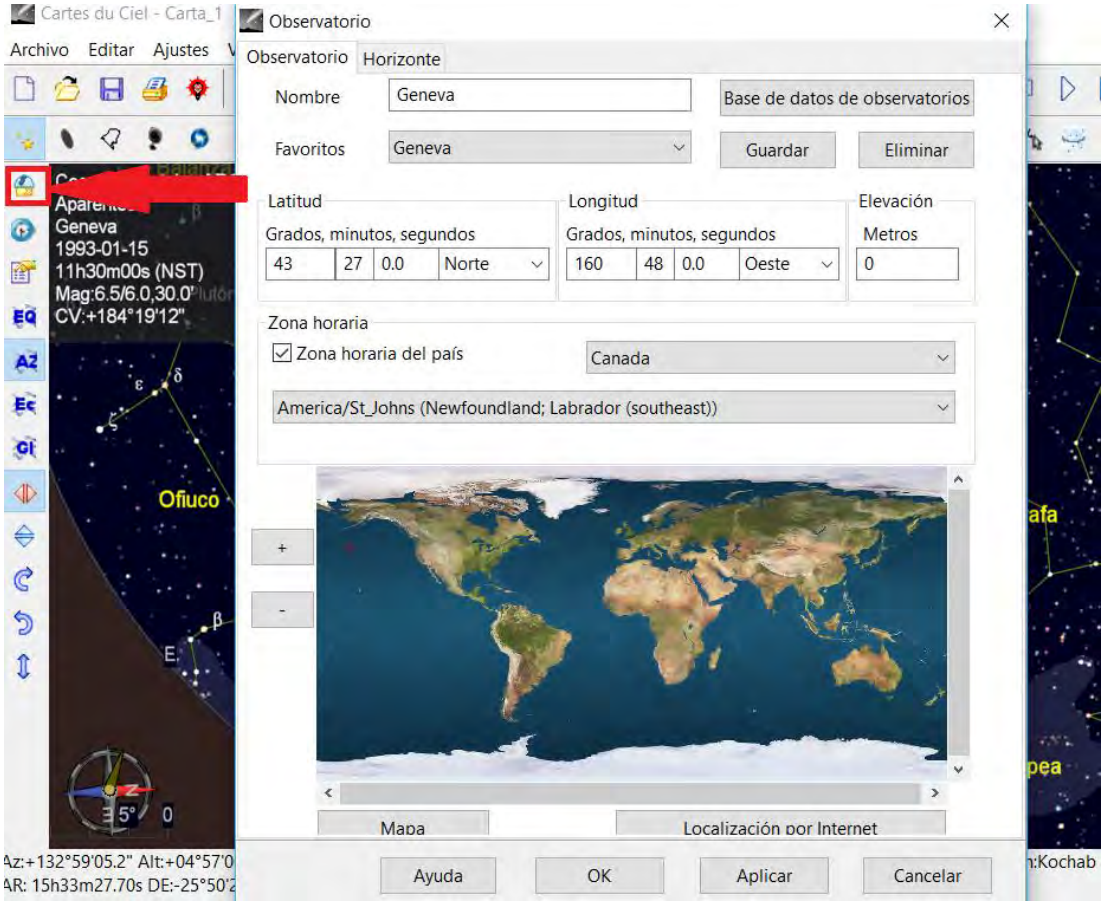


Ilustración 38 - Introducción de posición en Cartes du Ciel.
Fuente: Cartes du Ciel

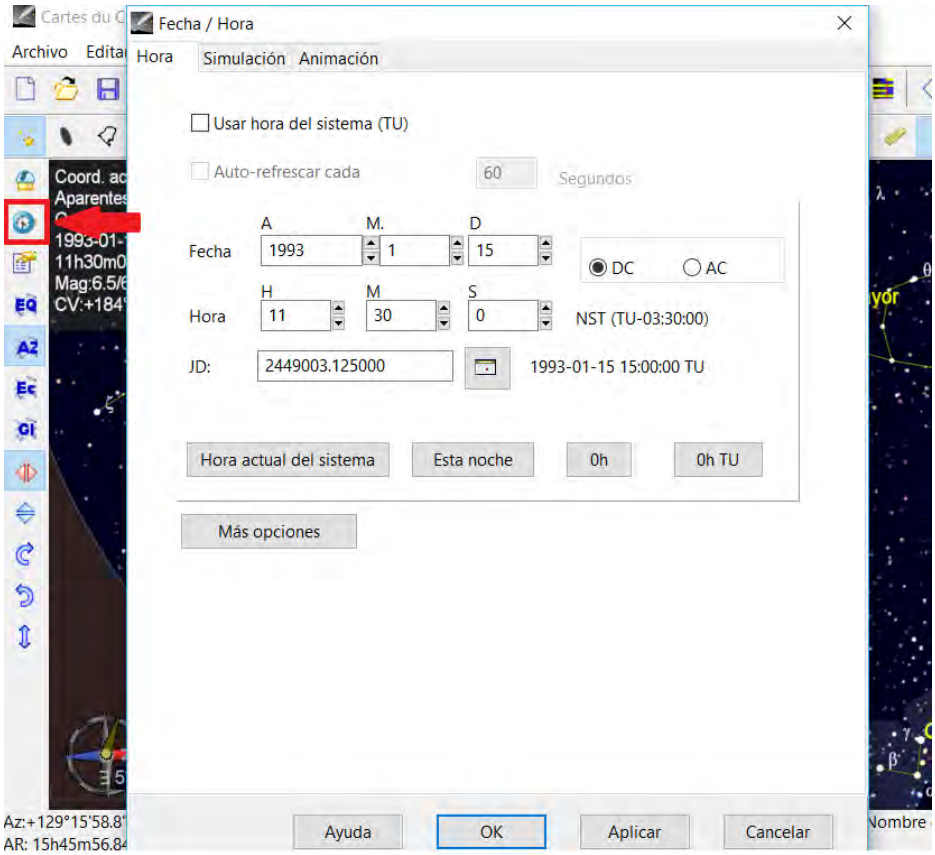


Ilustración 39 - Introducción de fecha y hora en Cartes du Ciel.
Fuente: Cartes du Ciel

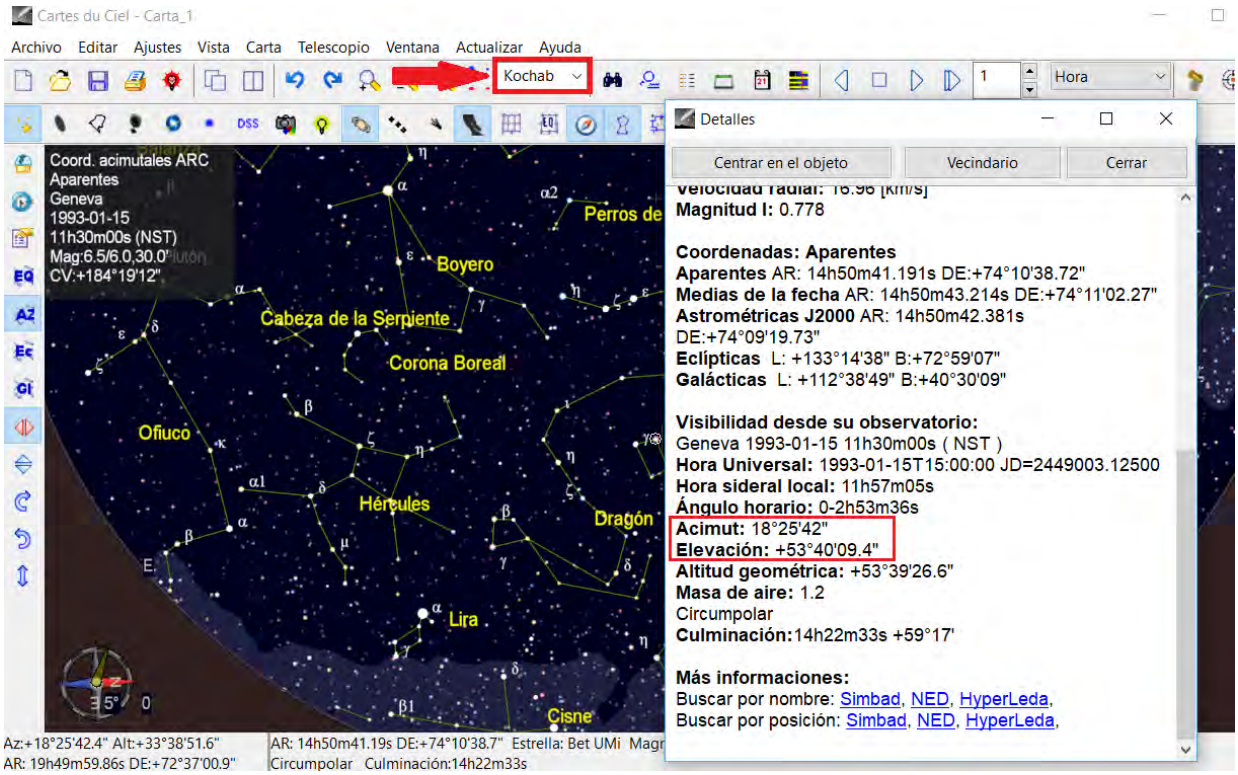


Ilustración 40 - Búsqueda del astro y sus características en Cartes du Ciel.
Fuente: Cartes du Ciel

7.4. Hoja Excel "PlanisferioElectrónico.xlsm" (Microsoft)

Hemos desarrollado un libro Excel con el fin de agilizar y simplificar los cálculos en una observación astronómica realizando una selección de los posibles astros que pudiéramos medir en un preciso lugar y en un preciso momento. Y así, con el Azimut estimado y la Altura estimada instrumental, con el sextante poder observar directamente el astro deseado de nuestra tabla y de esta manera obtener el Azimut real verdadero o de aguja y la altura instrumental real. También, mirando más allá de la simple observación, hemos incluido una columna donde se nos muestran varias opciones de tres posibles astros que podríamos seleccionar a la hora de realizar las rectas de altura con las que nos posicionaríamos en la carta. Una vez obtenidos estos, calcular la altura verdadera del astro con nuestra altura instrumental real, y así, teniendo también nuestra altura estimada en la tabla, obtener la diferencia de alturas para calcular nuestra posición verdadera mediante las ya mencionadas rectas de altura.

B5 | 18

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Fecha							Estrella	Azimut est.	Altura est. Instrumental	Altura est.	Ternas a observar	
2	Día=	20		elev. Obs.	15	m		Polaris	1	44° 1,1'	43° 52,8'		
3	Mes =	12		Error índice (dcha +; izq -)	-0,4	'		Dubhe	3	15° 26,7'	15° 15,9'		
4	Año	2017		Adelanto oficial/ Zona	0	h		CAPELLA	55	31° 55,7'	31° 46,9'		
5	TU Hora	18		Retardo observador	0	segundos		Mirfak	60	50° 40'	50° 31,9'		
6	Minutos	36						Elnath	69	20° 15,2'	20° 5,3'		
7	Segundos	20						ALDEBARAN	87	21° 25,8'	21° 16'		
8								Hamal	109	52° 32,6'	52° 24,5'	Hamal, Enif, Dubhe	
9	SITUACIÓN ESTIMADA	grados	minutos					Menkar	115	29° 24'	29° 15'	Menkar, Enif, Dubhe	
10	Latitud (N+ ; S -)	43	28	Mostrar Estrellas (Manual)				Diphda	161	26° 36,6'	26° 27,4'	Diphda, DENEB, CAPELLA	
11	Longitud (E+ ; W -)	-15	30					FOMALHAUT	188	16° 46'	16° 35,5'	FOMALHAUT, Eltanin, Elnath	
12								Markab	194	61° 23,4'	61° 15,6'	Markab, Eltanin, ALDEBARAN	
13								Enif	223	49° 18,7'	49° 10,6'	Enif, Kochab, Menkar	
14				MOSTRAR ESTRELLAS (Hora del sistema)				ALTAIR	251	31° 11,8'	31° 2,9'		
15								DENEB	289	59° 59,3'	59° 51,5'		
16								VEGA	292	36° 15,8'	36° 7,2'		
17								Eltanin	310	36° 3,4'	35° 54,8'		
18								Kochab	346	32° 18,7'	32° 9,8'		
19													
20													
21													
22													

EntradaDatos | DiaJuliano | Tabla | Estrellas | EstrellasRADEC

Ilustración 41 – Hoja de cálculo Excel.
Fuente: Microsoft Excel.

Este libro Excel está formado por 5 hojas de cálculo que explicaremos a continuación.

Para poder entender la mayoría de los cálculos llevados a cabo en esta hoja Excel, debemos tener claro que las estrellas tienen un movimiento aparente producido por el movimiento de rotación de la tierra, el cual tiene a la vez dos movimientos llamados precesión y nutación. La **Precesión** sucede porque la línea de los polos está inclinada unos 23° respecto lo que serían los polos de la eclíptica. Ésta es la propiedad que hace a un giróscopo girar cuando una fuerza exterior trate de inclinarlo, y que se incline cuando una fuerza exterior trate de girarlo. La fuerza exterior que actúa sobre la tierra causando la precesión es la gravedad del Sol y la Luna. La **Nutación** es un pequeño movimiento cónico en sentido retrógrado con base elíptica, que tiene el eje de la Tierra alrededor de su posición media. Este movimiento sucede porque las fuerzas de precesión lunisolar cambian, ya que las posiciones de la Luna y el Sol no son fijas.

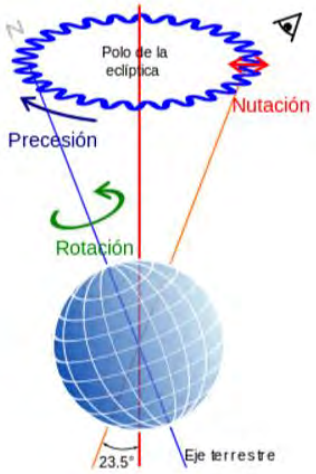


Ilustración 42 – Movimientos de precesión y nutación.
Fuente: www.austrinus.com

1ª Hoja de Cálculo. "EntradaDatos"

Hoja principal, es sobre la que vamos a trabajar y en la que tenemos dos posibilidades de trabajo:

Una **manual** en la que se introducirán datos de un día cualquiera para una observación ficticia o real, y así obtener la *altura estimada instrumental*, la *altura estimada* y el *Azimut estimado* de los posibles astros que tengamos a la vista. Los datos los introduciremos en las celdas sombreadas de color, que son los únicos datos que vamos a poder modificar de todo este Excel (los datos de las demás hojas son simplemente para los cálculos pertinentes). Una vez introducidos nuestros datos de la observación, tendremos que presionar el botón *"Mostrar Estrellas (Manual)"* para ejecutar la selección de las posibles estrellas que podríamos estar observando. Este botón *"Mostrar Estrellas (Manual)"* es una Macro para obtener automáticamente las estrellas visibles de un rango comprendido entre los 15° y 65° de Altura, cogiendo como base de datos parte de la tabla que tenemos en la hoja "DíaJuliano". También, tenemos la columna *"Ternas a observar"* [30] donde se nos ofrecen varias opciones para una observación casi simultánea de tres astros separados entre 105 y 135º entre sí, con el fin de la realización de las rectas de altura y nuestra situación verdadera.

Código de la macro[31] que da el resultado al pulsar *"Mostrar Estrellas (Manual)"*:

```
Sub FiltrarEstrellas()
'
' FiltrarEstrellas Macro
'

'
Dim rng As Range
Dim ret As Integer
Dim rw As Variant
Dim tbl As Variant
Dim tabla As Variant
Dim inicial As Double
Dim dif As Double
Dim row As Variant
Dim A As Boolean
Dim B As Boolean
Dim estrella As String
Dim estrellan As String

    Sheets("EntradaDatos").Select
    Application.CutCopyMode = False
    Application.CutCopyMode = False
    Application.CutCopyMode = False
    Application.CutCopyMode = False
    Sheets("DiaJuliano").Range("Y1:AF60").AdvancedFilter Action:=xlFilterCopy, _
        CriteriaRange:=Sheets("DiaJuliano").Range("AH1:AH2"), CopyToRange:=Range( _
        "H1:K1"), Unique:=False
```

[30] Grupo de tres estrellas.

[31] Conjunto de comandos escrito en lenguaje Visual Basic for Applications (VBA) que se ejecuta en nuestro Excel.

```
        Range("I2:I62").Select
    ActiveWorkbook.Worksheets("EntradaDatos").Sort.SortFields.Clear
    ActiveWorkbook.Worksheets("EntradaDatos").Sort.SortFields.Add Key:=Range("I2" _
        ), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
    With ActiveWorkbook.Worksheets("EntradaDatos").Sort
        .SetRange Range("H2:K62")
        .Header = xlNo
        .MatchCase = False
        .Orientation = xlTopToBottom
        .SortMethod = xlPinYin
        .Apply
    End With

    Range("I2").Select
    Range("L2:L60").Value = ""
    Set tbl = ActiveCell.CurrentRegion
    tbl.Offset(1, 1).Resize(tbl.Rows.Count - 1, 1).Select
    Set tbl = Selection
    Set tabla = tbl
    For Each rw In tbl.Rows
        inicial = rw.Value
        A = False
        B = False
        For Each row In tabla.Rows
            dif = row.Cells(1, 1).Value - inicial
            If (Abs(dif) > 105) And (Abs(dif) < 135) Then
                If (dif > 0) And (A = False) Then
                    A = True
                    estrella = row.Cells(1, 0).Value
                End If
                If dif < 0 Then
                    B = True
                    estrellan = row.Cells(1, 0).Value
                End If
            End If
            If (A = True) And (B = True) Then
                rw.Cells(1, 4).Value = rw.Cells(1, 0).Value & ", " & estrella & ", " &
estrellan
                Exit For
            End If
        Next
    Next
    Range("B5").Select

End Sub
```

Y la segunda opción **automática** que corresponde al botón *"MOSTRAR ESTRELLAS (Hora del sistema)"*, ejecuta exactamente lo mismo que el botón explicado anteriormente. Pero este botón nos facilita mucho más el trabajo ya que <u>introduce automáticamente los datos de la hora y la fecha</u> a través del sistema de nuestro ordenador, simplemente con "clicar" el botón, <u>pero todos los demás datos deberemos introducirlos manualmente</u>, con lo cual, es extremadamente importante que la hora de nuestro ordenador de a bordo sea correcta y corresponda a la Hora Reloj de Bitácora[32], para así, aplicándole la corrección de la casilla E4 (Zona horaria) podamos obtener la Hora en Greenwich, o en caso de llevar a cabo los cálculos en tierra firme, la hora del sistema se corresponda con la Hora Oficial del lugar y aplicándole la

[32] Es la hora de a bordo por la que se rigen todas las actividades.

corrección de la casilla E4 (Adelanto oficial[33]) obtendríamos la Hora en Greenwich. También tenemos reflejada en nuestra macro la casilla E5 (Retardo del observador) que es una anticipación nuestra en relación con lo que piense cada persona que va a tardar en realizar la observación (buscar el astro, corregir la altura estimada instrumental y mirar el azimut real) para que los datos nos resulten aún más correctos, sobre todo para los astros que tengan unos valores de Azimut cercanos a 90º o 270º, que son los que más rápidamente varían su altura. **(Anexo XVI)**

2ª Hoja de cálculo. "DíaJuliano"

Lo primero que debemos explicar de esta hoja es que basamos nuestros cálculos en el **día Juliano**, este se debe al calendario juliano, inventado en el S.XVI por J.J. Escalígero[34], que se usa en astronomía y nos sirve para calcular diferencias de días fácilmente entre dos fechas. Los días julianos son fechas en las que se toma como inicio el mediodía del 1 de enero del año 4716 a.C, contando únicamente día por día para minimizar cálculos al no meternos con las horas, minutos y segundos (Muñoz Box, 2013). Podemos observar también que hace referencia en los cálculos a enero 2000, esto se debe a que el catálogo estelar que se escogió para este código fuente[35] es el J2000 de Hiparco, pero eso lo veremos más adelante.

```
// Calculating Julian date, century, and millennium
function TimeMeasures()
{
   with(Math)
   {
      //Julian day (UT1)
      if(month <= 2) {year -=1; month += 12;}
         var A = floor(year/100);
      var B = 2-A+floor(A/4);
      JD0h = floor(365.25*(year+4716))+floor(30.6001*(month+1))+day+B-1524.5;
      JD = JD0h+dayfraction;
      //Julian centuries since 2000 January 0.5
      T = (JD-2451545)/36525;
      T2 = T*T;
      T3 = T*T2;
      T4 = T*T3;
      T5 = T*T4;
```

[33] Es la corrección que le corresponde a la Hora oficial, establecido por el gobierno de cada nación. Estas correcciones podemos encontrarlas en l pág.393 del Almanaque Náutico.

[34] Joseph Justus Scaliger (5 de agosto de 1540 - 21 de enero de 1609) fue un erudito historiador francés.

[35] Conjunto de líneas de texto con los pasos que debe seguir el ordenador para ejecutar un programa informático. La mayoría de los códigos fuente que vamos a exponer en este apartado están escritos en lenguaje JavaScript (Umland, 1997). Pero en nuestro Excel los hemos transcrito manteniendo las mismas variables para facilitar su entendimiento.

```
      //Julian ephemeris day
      JDE = JD+deltaT/86400;
      //Julian centuries (TDT) from 2000 January 0.5
      TE = (JDE-2451545)/36525;
      TE2 = TE*TE;
      TE3 = TE*TE2;
      TE4 = TE*TE3;
      TE5 = TE*TE4;
      //Julian millenniums (TDT) from 2000 January 0.5
      Tau = 0.1*TE;
      Tau2 = Tau*Tau;
      Tau3 = Tau*Tau2;
      Tau4 = Tau*Tau3;
      Tau5 = Tau*Tau4;
    }
}
```

En esta hoja también tenemos el código fuente para hallar *"L0"* (Horario en Greenwich del Sol).

```
//Various Data
function VariousData()
{
   //Mean longitude of the sun
   L0    =    norm_360_deg(280.4664567+360007.6982779*Tau+0.03032028*Tau2+Tau3/49931-
Tau4/15299-Tau5/1988000);

}
```

Tenemos otro código fuente con funciones referidas a cálculos para la nutación. Variables: principal anomalía de la Luna *"Mm"*, principal anomalía del Sol *"M"*, distancia principal desde el nodo de ascenso hasta la Luna *"F"*, principal elongación de la Luna *"D"*, Longitud del nodo de ascenso de la Luna *"Omega"*.

```
//Nutation, obliquity of the ecliptic
function Nutation()
{
  //IAU 1980 nutation theory:

  //Mean anomaly of the moon
  var                                    Mm                                    =
134.962981389+198.867398056*TE+norm_360_deg(477000*TE)+0.008697222222*TE2+TE3/56250;

  //Mean anomaly of the sun
  var   M   =   357.527723333+359.05034*TE+norm_360_deg(35640*TE)-0.0001602777778*TE2-
TE3/300000;

  //Mean distance of the moon from the ascending node
  var         F         =         93.271910277+82.017538055*TE+norm_360_deg(483120*TE)-
0.0036825*TE2+TE3/327272.7273;

  //Mean elongation of the moon
  var         D         =         297.850363055+307.11148*TE+norm_360_deg(444960*TE)-
0.001914166667*TE2+TE3/189473.6842;

  //Longitude of the ascending node of the moon
  var               omega               =               125.044522222-134.136260833*TE-
norm_360_deg(1800*TE)+0.002070833333*TE2+TE3/450000;
```

Una vez calculado el día Juliano, hemos introducido unas funciones para el cálculo automático del Horario en Greenwich de Aries (*GHA*) para ese día. El **Horario en Greenwich de Aries** es el que nos permite calcular el Ángulo Horario en Greenwich de las estrellas, sumándole a este valor el del Ángulo Sidéreo de cada una de ellas. Para el cálculo de este también tenemos un código:

```
//GHA Aries
function Aries()
{
   //Mean GHA Aries
   var GHAAmean = norm_360_deg(280.46061837+360.98564736629*(JD-
2451545)+0.000387933*T2-T3/38710000);

   //True GHA Aries
   GHAAtrue = norm_360_deg(GHAAmean+delta_psi*cosd(eps));
}
```

Por último, podemos observar en nuestro Excel que a la derecha tenemos una tabla con estrellas, que es el resultado de los cálculos realizados en la hoja de cálculo "EstrellasRADEC"[36], veremos un poco más adelante como obtenemos esos datos. En esta tabla tenemos también los cálculos para las Alturas y el Azimuts.

<u>3ª Hoja de Cálculo. "Tabla"</u>

En esta hoja de cálculo nos encontramos 4 tablas principales, las variables referidas a los cálculos de nutación antes calculados en la 1ª hoja *"Mm"*, *"M"*, *"F"*, *"D"*, *"Omega"*, la variable del día juliano *"TE"*, la nutación en longitud *"delta psi"*, la nutación en oblicuidad *"delta eps"*, la oblicuidad de la eclíptica *"eps0"* y la oblicuidad verdadera de la eclíptica *"eps"*. **(Anexo XVII)**

En cuanto a las 4 tablas principales, vemos a la izquierda una tabla considerable que son datos periódicos de la nutación, y debajo una tabla muy parecida, pero de tamaño más reducido que son correcciones. A la derecha tenemos otras dos tablas paralelas a las anteriores con las variables *"de"* y *"dp"*, éstas son operaciones llevadas a cabo con los valores de las variables de la nutación y los datos periódicos de la nutación. Estas *"de"* y *"dp"* son dos

[36] RADEC, Right Ascension & Declination.

variables provisionales para el cálculo de la oblicuidad verdadera de la eclíptica.

4ª Hoja de Cálculo. "Estrellas"

Esta hoja de cálculo es una reducción del catálogo estelar de Hipparcos (Hipparcos, 1993). En nuestro catálogo se han seleccionado, de entre miles de estrellas, las que la mayoría de planisferios suelen utilizar, siguiendo su criterio nos quedamos con las estrellas que tienen una magnitud menor a 1,5 y algunas de magnitud superior (menos brillantes) por ser algunas de las estrellas más brillantes de determinadas zonas del cielo en las que si no de ser por estas estrellas tendríamos un vacío que nos impediría conocer nuestra situación. La primera columna corresponde a la Ascensión Recta (A.R) con *horas* como unidades, la segunda a la declinación (d) con *grados sexagesimales* como unidades, la tercera al movimiento propio de la "A.R" con *segundos de tiempo por centuria* como unidades, la cuarta al movimiento propio de la "d" con *segundos de arco por centuria* como unidades y la quinta corresponde al paralaje anuo con *minutos de arco* como unidades. **(Anexo XVIII)**

5ª Hoja de Cálculo. "EstrellasRADEC"

Volvemos a tener el catálogo de estrellas J2000, ordenadas estas por el número de subíndice y con su número correspondiente del Almanaque náutico español.

En esta hoja se llevarán a cabo unas operaciones relacionadas con las efemérides del catálogo de estrellas para el cálculo, entre otros, de las coordenadas ecuatoriales según el día juliano, la precesión, el paralaje anuo, etc. **(Anexo XIX)**

7.5. Reconocimiento mediante el uso del Sextante

Supongamos que estamos en un barco, se nos cae la planta y nos quedamos sin GPS por unas horas ¿Cómo navegamos? Pues bien, navegaríamos por estima con la última situación que hubiéramos anotado en la carta, con el sextante tomaríamos la altura de un astro y el Azimut. Y con estos datos

mediante el cálculo se la situación por rectas de altura o punto Grebe calcularíamos nuestra situación observada o verdadera.

Hemos realizado varias observaciones astronómicas con un sextante modelo *freiberger prazisionsmechanik*, el **martes *05 de diciembre de 2017*** desde la base del ***Faro de Cabo Mayor***, en Santander con unas coordenadas geográficas **de *latitud 43°29,4' N*** y ***Longitud 003°47,4' W*** (supuesta situación de estima) con una **elevación del observador** de **60 metros**. Hemos de tener en cuenta que las condiciones en las que ha sido llevada a cabo nuestra observación han sido idóneas, ya que la hemos realizado desde tierra firme.

Lo primero que hicimos fue, a mediodía, poner el sextante "a punto" para la observación, es decir, comprobamos la perpendicularidad de los espejos con el armazón, la alidada y el error instrumental o error de índice que es el más importante. Para comprobar este último enfocamos con el sextante directamente al Sol con los filtros debidamente colocados.

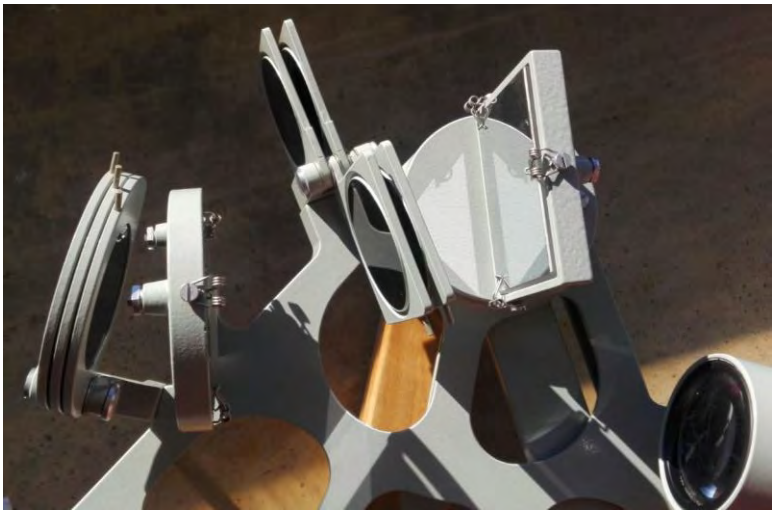


Ilustración 43 - Observación del Sol con filtros del sextante.
Fuente: Ilustración de la autora.

Una vez que tenemos a la vista la imagen directa y la reflejada, hacemos coincidir los limbos de ambos Soles por arriba y por abajo y tomamos las lecturas correspondientes para obtener el error de índice.

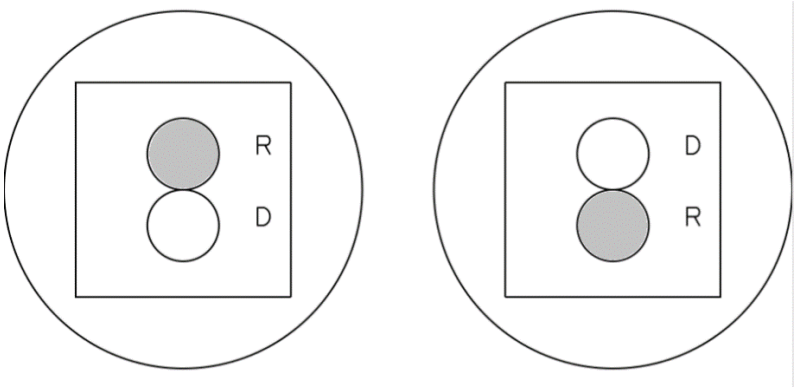


Ilustración 44 – Observación limbos Sol directo y reflejado.
Fuente: Ilustración de la autora.

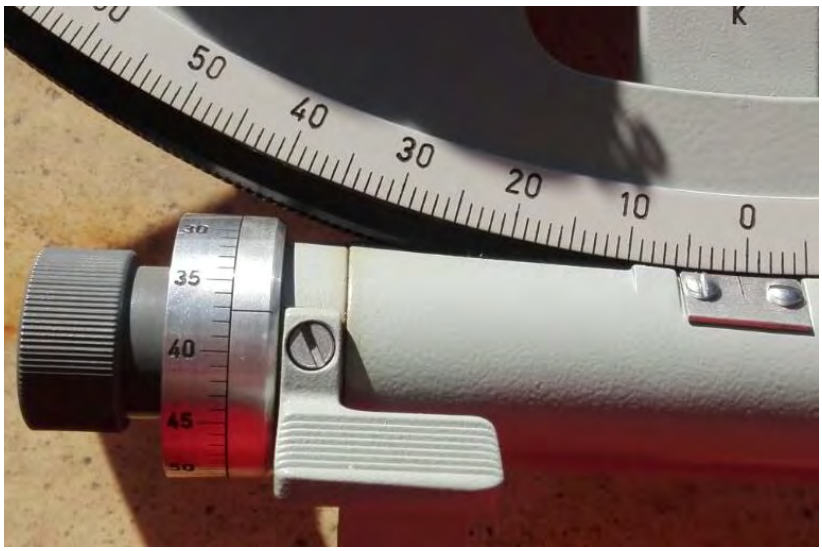


Ilustración 45 – Lectura de la coincidencia del limbo inferior del Sol directo con el limbo superior del Sol reflejado.
Fuente: Ilustración propia de la autora.

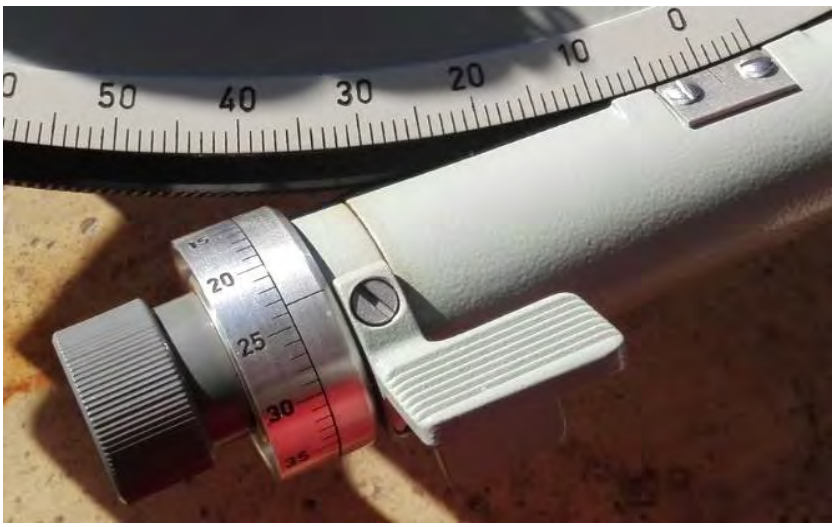


Ilustración 46 – Lectura de la coincidencia del limbo superior del Sol directo con el limbo inferior del Sol reflejado.
Fuente: Ilustración propia de la autora.

Una vez tomadas las lecturas, en la Ilustración 38 podemos leer ***0°*** en el limbo y ***37,2'*** en el tornillo micrométrico y en la ilustración 39 nos fijamos que la lectura de los grados nos sale negativa ***-0°*** en el limbo y ***23,6'*** en el tambor micrométrico, pero la lectura correcta sería $\mathbf{60' - 23,6' = 36,4'}$, como es una lectura negativa nos quedaría ***-36,4'***. La diferencia de ambas lecturas es la que nos va a dar el error de índice a través de una pequeña ecuación:

$$\frac{\mathbf{37,2 + (-36,4)}}{\mathbf{2}} = \frac{\mathbf{0,8}}{\mathbf{2}} = \mathbf{0,4'}$$

$$\boldsymbol{error\ de\ índice} = \mathbf{0,4'}\ \boldsymbol{izquierda}$$

A partir de ahora tendríamos que aplicar esta corrección a cualquier observación que realicemos. Como es una corrección hacia la izquierda, quiere decir que será una lectura 0,4' mayor a lo que en realidad sería, con lo cual, se restaría a la lectura del sextante.

Para leer la altura del sol tenemos que mirar directamente al Sol e ir bajando el Sol reflejado a la vez que movemos la armadura del sextante y la alidada hasta llegar al horizonte geográfico (que probablemente no lo veamos bien al principio por tener los filtros colocados y tendremos que quitar alguno para poder distinguir el horizonte con claridad, aunque si observamos estrellas seguramente no utilizaremos los filtros y no tendremos este problema) y tangentear el limbo inferior del Sol con el horizonte para así leer la altura de este: ***67°0,3'*** y aplicando el error de índice obtendríamos una altura instrumental de ***66°59,9'***.

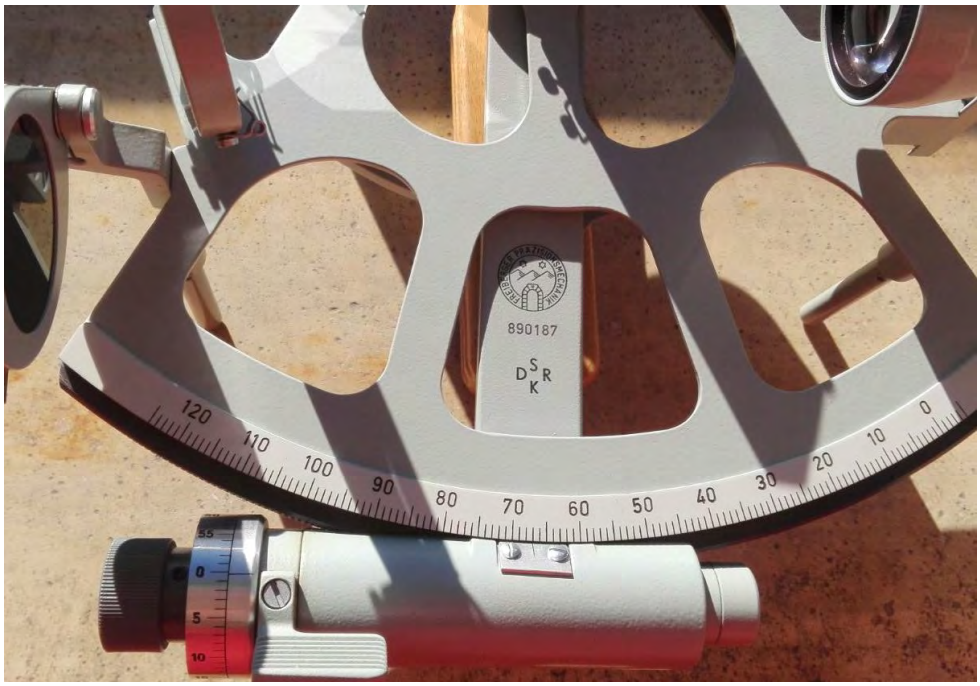


Ilustración 47 – Lectura de la altura del Sol.
Fuente: Ilustración propia de la altura.

Antes de ir al lugar elegido para tomar la altura de nuestros astros tenemos que ver en el Almanaque Náutico cual es la hora idónea para la observación según nuestra latitud. El día 5 de diciembre nos da las horas de salida del Sol, para ver las horas de la puesta tendremos que mirar el día anterior y posterior, y es posible que coincidan las horas, si no, se hace una media. El mejor periodo para realizar la observación es entre la mitad del crepúsculo civil y la mitad del crepúsculo náutico. **(Anexo XX)**

Puesta de Sol	**Hcl = 16h 24m**	**HcG= 16h 39m**	**Hof = 17h 39m**
Fin del Crepúsculo Civil	**Hcl = 16h 56m**	**HcG = 17h 11m**	**Hof = 18h 11m**
Fin del Crepúsculo Náutico	**Hcl = 17h 32m**	**HcG = 17h 47m**	**Hof = 18h 47m**

La Hora oficial es la que tenemos en España establecida por el gobierno que, en invierno es la Hora en Greenwich más 1 hora de adelanto horario (los adelantos horarios de las naciones los podemos encontrar en la pg.393 del Almanaque Náutico). Deducimos que el mejor periodo para la observación sería entre las **17h 55 m Hof** y las **18h 29m Hof** más o menos, vamos a la

zona de observación elegida y preparamos el compás para medir el azimut, que en nuestro caso hemos construido una rosa de los vientos en un papel cogiendo como referencia Cabo Ajo para poder realizar unas lecturas de Azimut verdadero correctas.

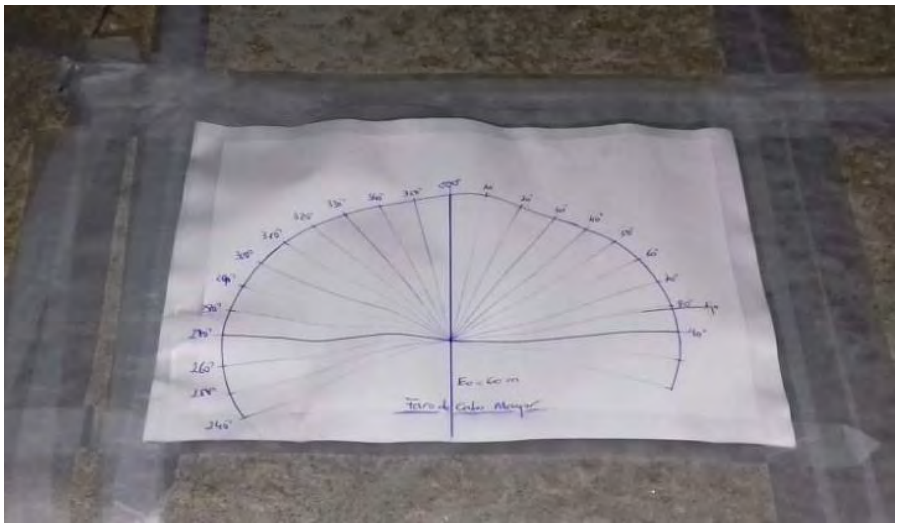


Ilustración 48 – Nuestro "Compás" para la medida del Azimut.
Fuente: Ilustración propia de la autora.

En el instante en el que los astros comienzan a ser visibles en nuestro crepúsculo civil, tenemos que comenzar rápidamente con nuestro compañero a tomar las medidas deseadas. Vamos a realizar 2 procedimientos de observación con este instrumento, uno utilizando la hoja Excel y otro de manera analítica.

En el caso de la **hoja Excel**, podríamos meter los datos de manera manual (ojo con la hora, tiene que ser TU) pero si tenemos los datos del sistema correctos (fecha y hora) para agilizar el proceso podemos realizar el ejercicio directamente pulsando el botón *"MOSTRAR ESTRELLAS (Hora del sistema)"* y utilizando todas las herramientas que nos proporciona este Excel, (estimando nosotros que vamos a tardar unos 20" en el proceso de ajustar el valor de la Altura estimada instrumental en el limbo del instrumento, colocar el sextante en el azimut correcto y mirar por el anteojo para encontrar nuestro astro sobre el horizonte) introducimos esta cifra de segundos en la casilla E5. De esta manera nosotros tenemos 20 segundos de ventaja para realizar todo el

procedimiento y así, observar a la hora exacta para la que el Excel nos ha calculado esas alturas y azimut.

Bien, hemos elegido observar al astro ***Hamal*** a las 17.11.00 HcG, pero el programa nos ha calculado los datos obtenidos para las **17.11.20 HcG**, con un **Azimut estimado** de **90º** y una **Altura estimada instrumental** de **35º15,7'**.

Comenzamos a las 17.11.00 a introducir la altura dada por el Excel en el sextante para observar y a las 17.11.20 dar el "top" obteniendo así el azimut y una altura instrumental real de **35º14,2'** del astro observado. Una vez que tenemos la Altura instrumental real debemos calcular la altura verdadera.

a.i	=	35°14,2'	
e.i	=	0,4' -	
a.ob	=	35°13,8'	
D.ap	=	-13,7'	e.o = 60m
a.ap	=	35°0,1'	
cr	=	1,3' -	
a.v	=	34°58,8'	

En el Almanaque (A.N, pg. 387) miramos la corrección por refracción (cr) y la depresión aparente (D.ap) que en este caso al estar en tierra firme tenemos una elevación del observador (e.o) muy alta y no nos aparece en el almanaque pero la calculamos utilizando la fórmula que encontramos en la pg.412 $\boldsymbol{D.ap = 1,7757 * \sqrt{e.o}}$ (Armada, 2017)

Además, esta hoja nos facilita directamente también la altura estimada con la que podríamos entrar en los cálculos, como ya veremos más adelante, de la situación verdadera.

Ilustración 49 – Observación con el sextante.
Fuente: Ilustración propia de la autora.

Procederemos ahora al **reconocimiento analítico**, habiendo escogido un astro desconocido tomando la altura dada tras tangentear la imagen del astro con el horizonte obtenemos una **Altura instrumental** de **19º5,7'** y un **Azimut verdadero** de **44º** (por tener un "compás" al que no le afectan ni el desvío[37] ni la declinación magnética[38] no trabajamos con el azimut de aguja que sería lo más común). Otro compañero toma la hora cuando yo le doy el top, **17.14.15 HcG**.

A partir de ahora comenzamos a desarrollar el procedimiento analítico, primero calculamos la Altura verdadera del Astro.

a.i	=	19°5,7'	
e.i	=	0,4' -	
a.ob	=	19°5,3'	
D.ap	=	-13,7'	e.o = 60m
a.ap	=	18°51,6'	
cr	=	2,8' -	
a.v	=	18°48.8'	

[37] El desvío de aguja es el ángulo entre el norte marcado por la aguja y el norte magnético local. Este valor se puede obtener de la tablilla de desvíos del propio barco

[38] La declinación magnética es el ángulo comprendido entre el norte magnético local y el norte verdadero. Este valor se puede obtener de las cartas del lugar en donde nos encontremos navegando.

Ahora tenemos que calcular la declinación (d) y horario del astro en Greenwich (h*g) para hallar el ángulo sidéreo (A.S).

$$sen\ d = sen\ a\ sen\ l + \cos a\ \cos l \cos Z$$

$$sen\ d = sen\ 18°48,8' sen\ 43°29,4' + \cos 18°48,8'\ \cos 43°29,4' \cos 44°$$

$$sen\ d = 0,71$$

$$d = 45°14,1'$$

$$tg\ P = \frac{sen\ Z}{tg\ a \cos l - sen\ l \cos Z}$$

$$tg\ P = \frac{sen\ 44°}{tg\ 18°48,8' \cos 43°29,4' - sen\ 43°29,4' \cos\ 44°}$$

$$tg\ P = -2,8$$

$$P = -70°21,6'$$

$$P = 109°38,4'E$$

P
-Si el Ángulo en el polo (P) resulta negativo, P será mayor de 90º.

-La letra cardinal la obtenemos del Azimut.

$$h * l = 360° - 109°38,4'$$

$$h * l = 250°21,6'$$

h*l
Si P tiene la letra cardinal W, h*l = P
Si P tiene la letra cardinal E, h*l = 360º - P

$$h * g = h * l + L\ (W+; E-)$$

$$h * g = 250°21,6' + 003°47,4'W$$

$$h * g = 254°9'$$

Una vez que tenemos el h*g me voy al A.N al día **5 de diciembre de 2017** con la **HcG 17.14.15** para hallar el horario de Aries en Greenwich (hγg) y poder obtener el A.S. **(Anexo XXI)**

60’	-	15° 2,5’
14’15”	-	3° 34,3’

x = 3° 34,3’

$$h\gamma g = h\gamma g(17h) + x$$

$$h\gamma g = 329°40,9' + 3°34,3'$$

$$h\gamma g = 333°15,2'$$

$$A.S = h * g - h\gamma g$$

$$A.S = 254°9' - 333°15,2'$$

$$A.S = -79°6,2'$$

$$A.S = 360° - 79°6,2'$$

$$A.S = 280°53,8'$$

Con un **A.S** de **280º 53,8’** y una **d** de **45º14,1’** buscamos en el A.N entre las páginas y encontramos que la estrella que estamos observando es **Capella**. **(Anexos XXII y XXIII)**

A.S = 280°29,5’

CAPELLA

d = 46°0,8’

7.6. Reconocimiento mediante el uso del Star Finder

El día 30 de noviembre de 2017, en situación latitud 43°27,8’ N y Longitud 003°48,3’ W al tener una hora civil de lugar (Hcl) 18.00.00 se toma altura instrumental de astro desconocido (ai) 17°4,5’ y Azimut verdadero (Zv) del astro desconocido 176°.

Lo primero que tenemos que hacer es entrar en el A.N con la hora civil de Greenwich (HcG) en la hoja del día de nuestra observación.

$$\boldsymbol{Hcg = Hcl + Z\ (W+; E-)}$$

$$\boldsymbol{Hcg = 18.00.00 + 00.15.13}$$

$$\boldsymbol{Hcg = 18.15.13}$$

Una vez calculada la hora en Greenwich, ir a la tabla de Aries para obtener el horario de Aries en Greenwich realizando la correspondiente interpolación. (**Anexo XXIV**)

$$\boldsymbol{hYg = 343°36,3'}$$

Para trabajar en la Base de nuestro StarFinder tenemos que calcular el horario de Aries en el lugar.

$$\boldsymbol{hYl = hYg - L\ (W+; E-)}$$

$$\boldsymbol{hYl = 343°36,3' - 003°48,3'}$$

$$\boldsymbol{hYl = 339°48'}$$

Con el ***hγl*** y el ***Z*** ya podemos trabajar en nuestro StarFinder. Nos aseguramos de que vamos a trabajar en la **base** de la cara **Norte** y cogemos la plantilla de latitud más cercana a la nuestra 43°27,8' N, la de ***LATITUDE45°***. La introducimos en el pincho de la base y con la flecha azul apuntamos al valor de nuestro ***hγl = 339°48'*** y una vez en posición, desde el centro del diagrama azul buscamos nuestro **Z = 176°** y seguimos la línea que correspondería a ese ángulo. Así encontraremos nuestra estrella, **FOMALHAUT**.

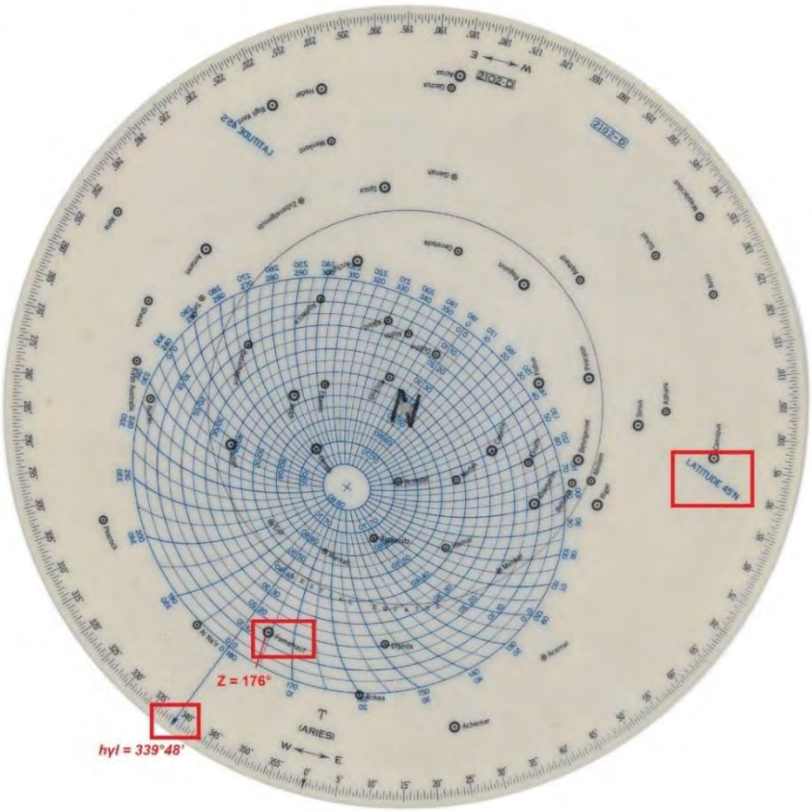


Ilustración 50 – Ejercicio StarFinder. FOMALHAUT.
Fuente: Ilustración propia de la autora.

Con la hoja Excel desarrollada, también podemos hacer las comprobaciones de este ejercicio y practicar con los resultados en la misma plantilla para otras estrellas que aparezcan en nuestro rango de visión.

8. DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN

Ahora nos preguntamos ¿Para qué hemos hecho todo esto del reconocimiento? El propósito de estas observaciones es la de obtener una línea de posición astronómica. Debemos partir del hecho de que, suponiendo que no sabemos con certeza nuestra posición en la esfera terrestre, tenemos una situación estimada, y con los datos que hemos obtenido en nuestras observaciones, debemos calcular la situación verdadera. Nosotros, hemos decidido situarnos empleando el método de las rectas de altura. Esta resolución gráfica, a bordo, la llevaríamos a cabo en la *carta en blanco*[39].

8.1. Situación por Rectas de Altura

Para la determinación de la posición mediante la observación de los astros empleamos las denominadas líneas de posición. Estas son líneas que pasan por la posición del observador y el astro que se esté observando o midiendo. El problema es que una línea de posición nos puede indicar infinitas posiciones del observador, por eso es necesario contar con una segunda línea, o más, para localizar la posición con la intersección de estas.

Vamos a trabajar con rectas de altura casi simultáneas, es decir, alturas tomadas en un intervalo de tiempo muy pequeño.

Para poder trabajar cualquier recta de altura, simplemente con los datos ya obtenidos calcularíamos la diferencia de alturas (Δa) que es **Δa=av-ae** (La av la obtenemos en nuestra observación y la ae normalmente se calcula con la fórmula $sen\ ae = sen\ d\ sen\ l + \cos d \cos l \cos P$ pero en este caso vamos a trabajar con el Excel desarrollado que nos la da directamente) y finalmente con este dato y el Azimut del astro ya podríamos comenzar a trazar nuestras rectas de altura para hallar nuestra situación verdadera.

Para minimizar el trabajo gráfico, hemos decidido resolver el traslado de las rectas mediante el procedimiento de **traslado analítico de una diferencia de alturas**, este consiste en:

[39] Esta carta en blanco (position plotting sheet) es una carta mercatoriana en la que solo hay meridianos y paralelos de una determinada latitud, pero sin accidentes geográficos ni otra información.

- <u>En el caso de dos rectas</u>: Tomar una diferencia de altura (Δa) de un astro a una hora (por ejemplo, las 10h) y otra, de otro astro, minutos más tarde (por ejemplo, las 10h 30min). Para obtener la situación a las 10h 30min, se trazan ambas Δa desde la misma situación de estima y se traslada la primera por Rumbo y distancia al momento de la segunda.

  Se calcula el incremento de diferencias de alturas (λΔa) entre ambas rectas de altura obtenidas del mismo azimut (Z1) y se aplica a la Δa de la primera observación para obtener Δa', calculando este proceso de un modo analítico evitaríamos traslados y podríamos obtener directamente Δa'. Con esto se pueden trazar todas las rectas de altura desde una sola situación de estima.

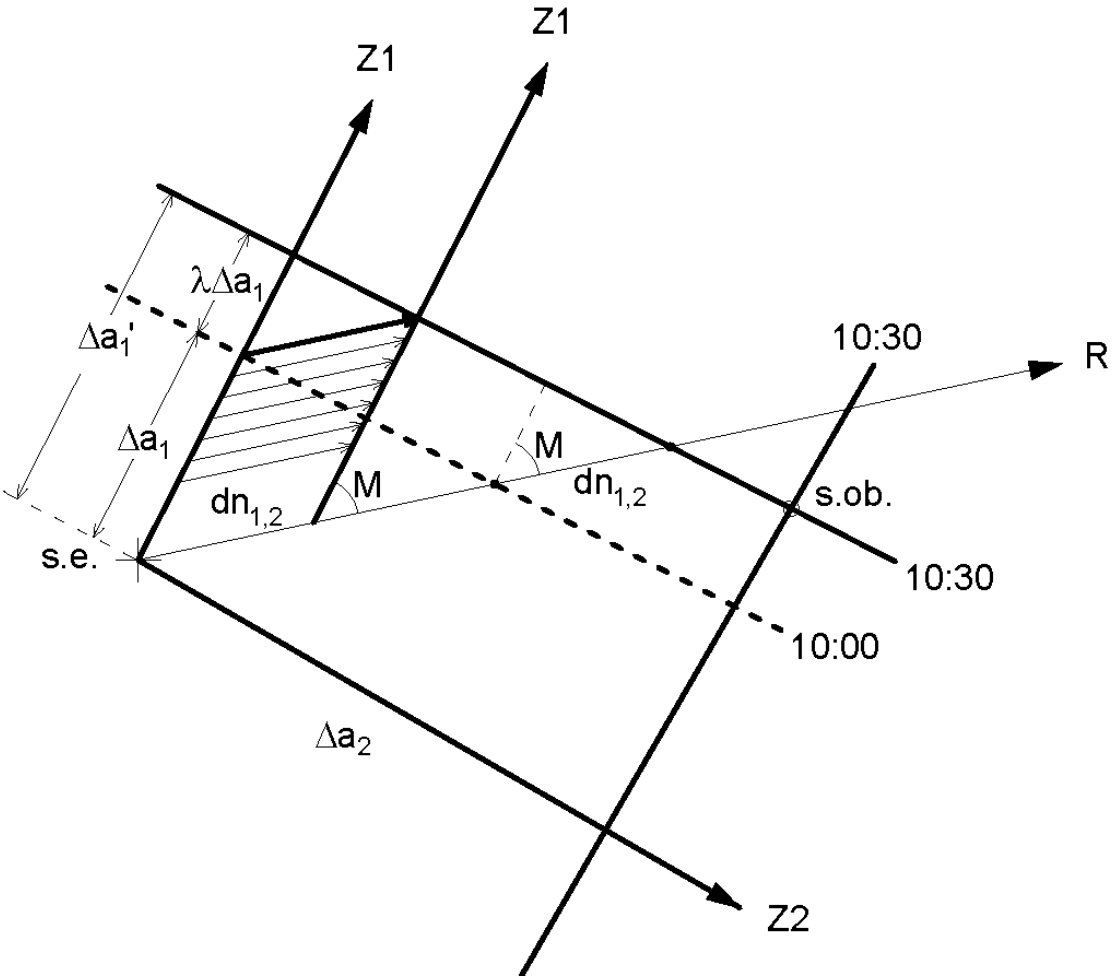


Ilustración 51 – Explicación gráfica del traslado analítico de una diferencia de alturas.
Fuente: Dibujo AutoCAD de la autora.

$$\mathbf{M} = |\mathbf{Z} - \mathbf{R}|$$

sí M>180° se tomará el conjugado (resto hasta 360°)

$$\boldsymbol{\lambda\Delta}\mathbf{a} = \mathbf{dn}\cos \boldsymbol{M}$$

$$\boldsymbol{\Delta}\mathbf{a}' = \boldsymbol{\Delta}\mathbf{a} + \boldsymbol{\lambda\Delta}\mathbf{a}$$

- <u>En el caso de 3 o más</u>: El procedimiento es el mismo que el anterior, pero a la hora de hallar la situación observada tendremos más Δa' que se cortarán en un mismo punto o bien, nos marcarán un área en donde se encontrará nuestra situación observada.

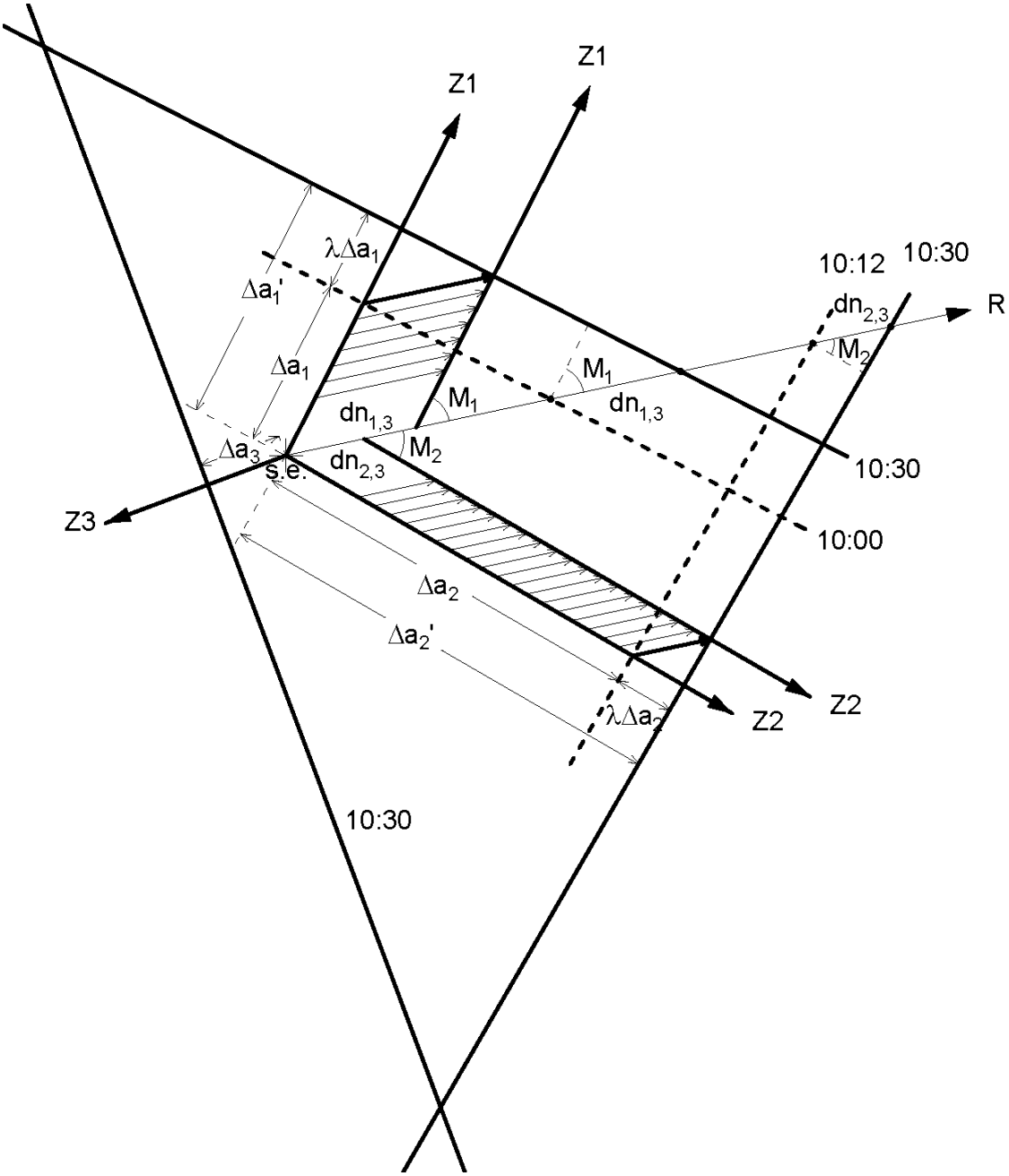


Ilustración 52 - Explicación gráfica del traslado analítico de varias diferencias de alturas.
Fuente: Dibujo AutoCAD de la autora.

8.1.1. **Corte de 2 rectas**

En este caso el punto de corte de las dos rectas nos dará nuestra situación verdadera u observada.

En el siguiente ejemplo vamos a observar dos astros de manera simultánea y trazaremos sus azimuts desde la situación estimada, llevando sobre estos las diferencias de alturas, para así trazar después las rectas de altura perpendiculares a los azimuts y finalmente donde se corten estas, dar con la situación verdadera (s.v).

El día 13 de diciembre de 2017, hallándonos en situación estimada: l = 43°28' N y L = 003°48' W, con un R = 115° y una velocidad de 18 Kn durante el crepúsculo civil matutino de Sol, se observaron:

Vega	Zubelgenubi
HcG = 07.38.10	HcG = 07.42.12
Δa = 2,4' +	Δa2 = 3,7' +
Z = 062°	Z2 = 149°

$$\boldsymbol{M = |R - Z| = 115° - 062° = 053°}$$

$$\boldsymbol{cos\ M = cos\ 53° = 0,601815}$$

60 min	-	18'
4 min	-	dn

$$\boldsymbol{dn = 1,2'}$$

$$\boldsymbol{\lambda\Delta a = dn \cos M = 1,2' * 0,601815 = 0,7'}$$

$$\boldsymbol{\Delta a' = \Delta a + \lambda\Delta a = 2,4' + 0,7'}$$

$$\boldsymbol{\Delta a' = 3,1'}$$

Lo = 003º48'W + 000º5,2'E = 003º42,8'W

lo = 43º28'N + 00º1,7'S =43º26,3'N

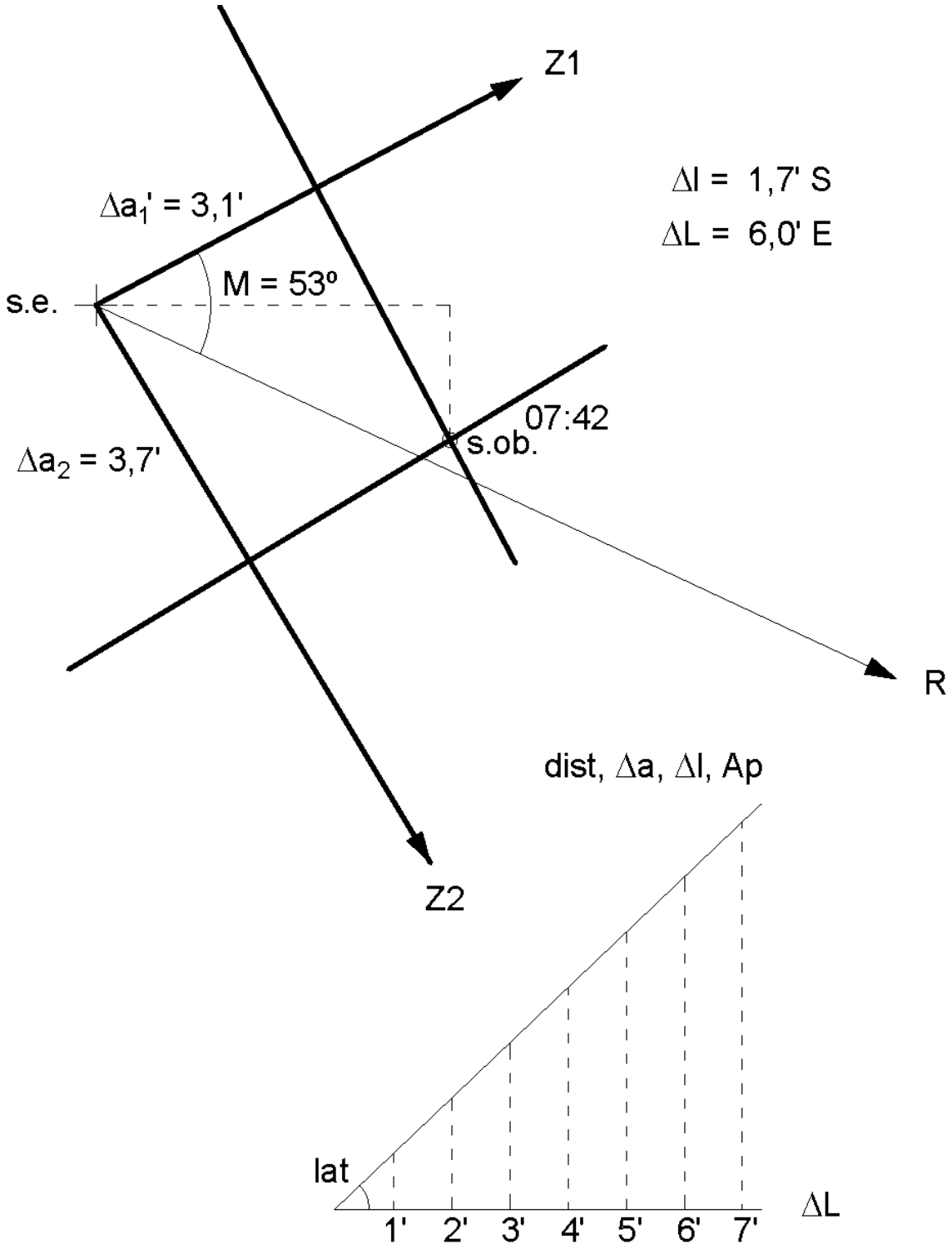


Ilustración 53 – Gráfico del traslado analítico de 2 rectas de altura por diferencia de alturas del ejercicio 13 de diciembre de 2017.
Fuente: Dibujo AutoCAD de la autora.

8.1.2. **Corte de 3 rectas**

Esta situación observada sólo se trabaja cuando las situaciones se han tomado en un periodo de tiempo muy corto. En este caso trasladaremos por estima las 2 primeras rectas de altura a la hora de la tercera para ver si las tres rectas se cortan en un mismo punto. Con una selección de tres alturas diferentes o más, tendremos una situación más exacta ya que al tomar una serie de alturas reduciremos los errores.

Situación por Bisectrices de Altura: Esta situación ocurre cuando el corte de las 3 rectas dibuja un triángulo de cierto tamaño. Y la manera de resolverlo es mediante el uso de bisectrices. Una bisectriz es la recta interior que divide a cada ángulo en dos ángulos iguales. Cada triángulo tiene tres bisectrices que se cortan en un punto único llamado incentro que en nuestro caso nos señalará la situación observada, que es la bisectriz del ángulo menor que forman loa azimuts trazados por los puntos de corte de las rectas de altura. En nuestro caso, trasladaremos los paralelos de los azimuts a las esquinas del triángulo que les correspondan y trazaremos las bisectrices interiores o exteriores de este (según corresponda) de acuerdo con sus azimuts. Las bisectrices de altura corrigen errores sistemáticos (error de índice, elevación del observador, etc.)

El día 20 de diciembre de 2017, hallándonos en situación estimada: l = 43°28' N y L = 015°30' W, con un R = 205° y una velocidad de 18 Kn durante el crepúsculo civil vespertino de Sol, se observaron:

Capella	Deneb	Diphda
HcG = 18.36.20	HcG = 18.39.22	HcG = 18.45.30
ai = 31°54,6'	ai = 59°30'	ai = 27º12,5'
ae = 31°46,9'	ae = 59°20,1'	ae = 26°58,3'
Δa1 = 1,6' +	Δa2 = 2' +	Δa3 = 5'
Z = 055°	Z2 = 289°	Z3 = 163°

<u>Capella</u>

$$\boldsymbol{M = |Z - R| = |055° - 205°| = 150°}$$

$$\boldsymbol{cos\ M = cos\ 150° = -0,866025}$$

60 min	-	18’
9,1 min	-	dn

$$\boldsymbol{dn = 2,7'}$$

$$\boldsymbol{\lambda\Delta a1 = dn \cos M = 2,7 * -0,866025 = -2,4'}$$

$$\boldsymbol{\Delta a1' = \Delta a1 + \lambda\Delta a1 = 1,6' - 2,4'}$$

$$\boldsymbol{\Delta a1' = 0,8' -}$$

<u>Deneb</u>

$$\boldsymbol{M = Z - R = 289° - 205° = 84°}$$

$$\boldsymbol{cos\ M = cos\ 84° = 0,104528}$$

60 min	-	18’
6,1 min	-	dn

$$\boldsymbol{dn = 1,8'}$$

$$\boldsymbol{\lambda\Delta a2 = dn \cos M = 1,8 * 0,104528 = 0,2'}$$

$$\boldsymbol{\Delta a2' = \Delta a2 + \lambda\Delta a2 = 2' + 0,2'}$$

$$\boldsymbol{\Delta a2' = 2,2' +}$$

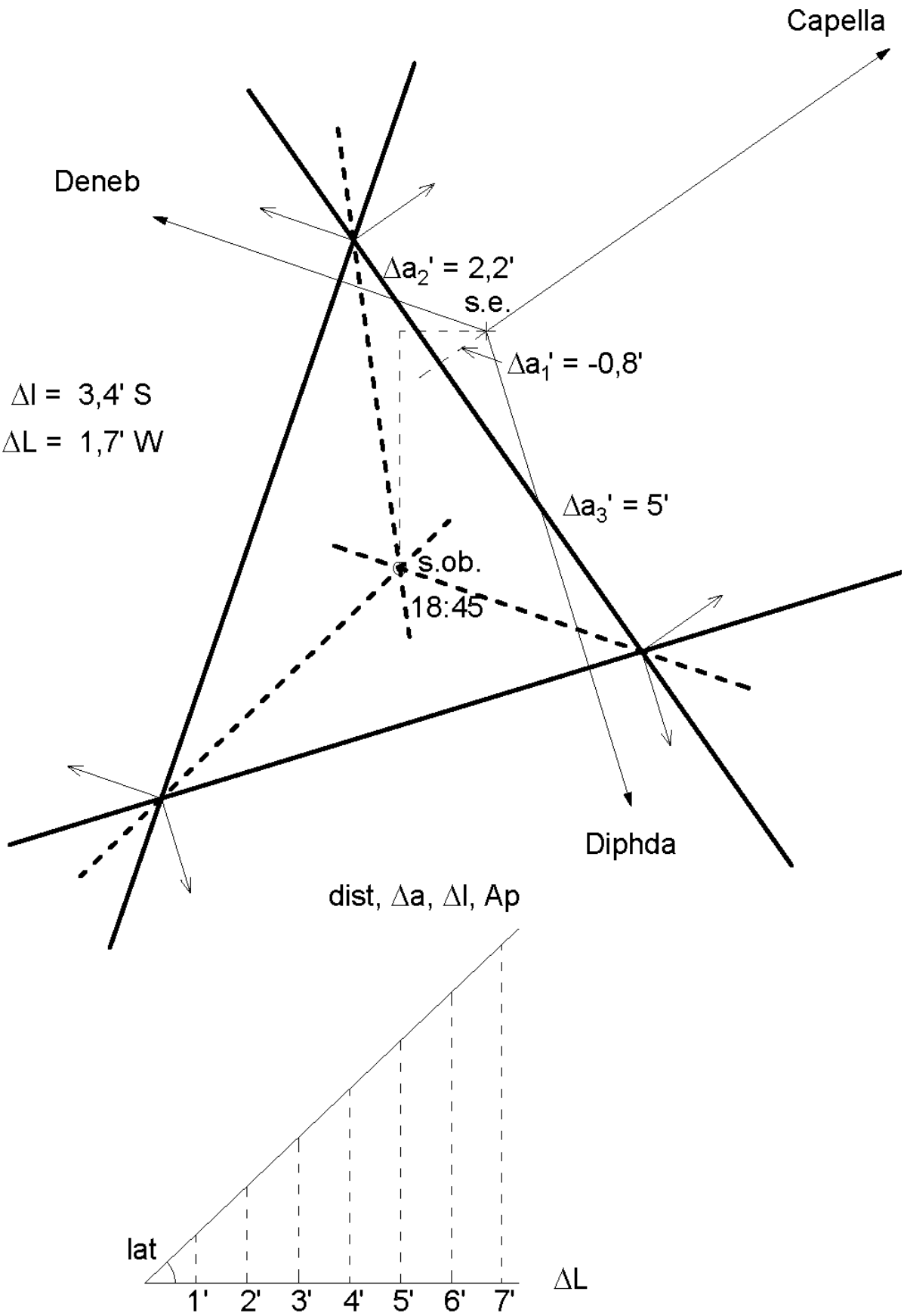


Ilustración 54 - Gráfico del traslado analítico de 3 rectas de altura por diferencia de alturas del ejercicio 20 de diciembre de 2017.
Fuente: Dibujo AutoCAD de la autora.

Situación por punto GREBE o punto de Lemoine: Este procedimiento consiste en generar una homotecia[40] del triángulo que forman las rectas de altura. La unión de los vértices homólogos indicará la situación observada que es el punto de menor error cuadrático. La situación por punto Grebe corrige al mínimo los errores accidentales (observaciones separadas en el tiempo, observaciones realizadas por varios oficiales, mala determinación del horizonte por oleaje, etc.).

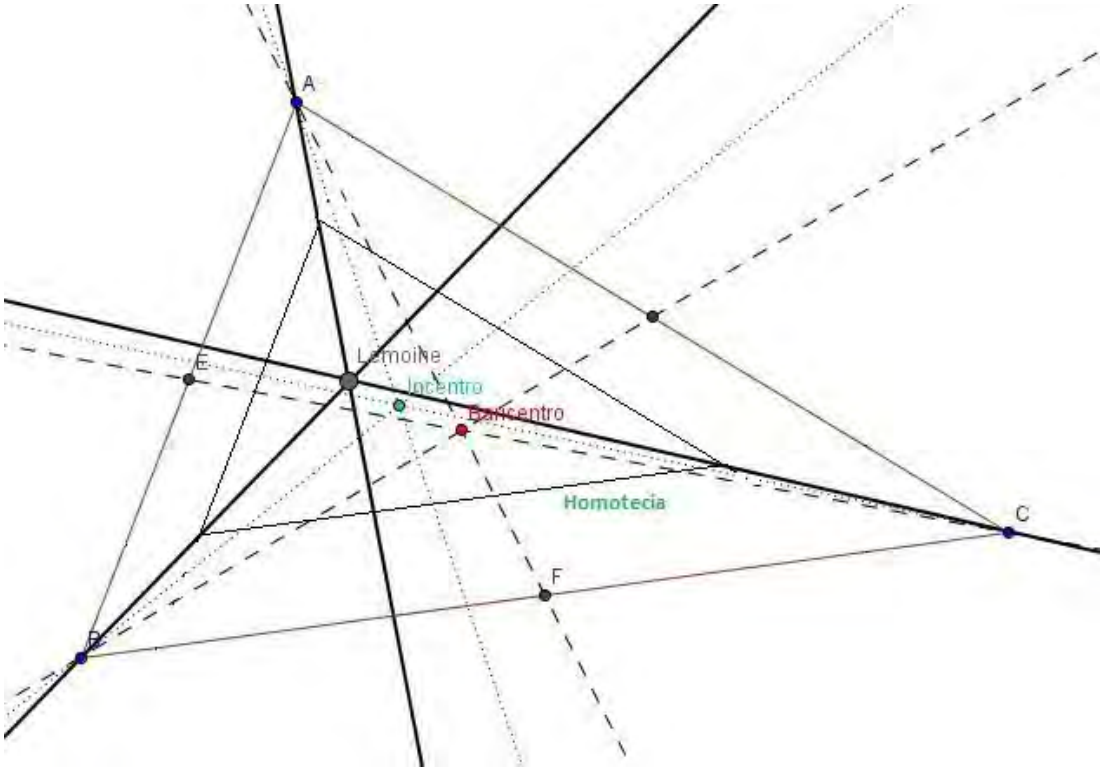


Ilustración 55 – Situación por punto Grebe.
Fuente: www.gaussianos.com/los-centros-del-triangulo-el-punto-de-lemoine/

[40] La homotecia es una transformación geométrica que, a partir de un punto fijo, multiplica todas las distancias por un mismo valor. Además, permite ampliar o reducir el tamaño de una figura conservando la medida de los ángulos y manteniendo constante la razón de los lados.

9. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se han ofrecido diversas conclusiones sobre diferentes temas y ámbitos de la naturaleza de este proyecto.

- La navegación astronómica sigue siendo un método actual y suficientemente preciso para la obtención de la situación en la mar. Se trata del uso de técnicas que se estudian en los planes de estudio de las titulaciones de Náutica Civil y Militar de todas las Naciones Marítimas.
- El uso de navegación astronómica a través del sextante es complementario del de los diferentes sistemas de navegación radioelectrónica (GPS) o de radio ayudas (RADAR)
- Si bien su uso a lo largo de los años no resultaba una operación rápida en el tiempo, pues el tratamiento de la información requería de numerosos pasos, ayudados por tablas, etc., tal y como se ha visto en este trabajo; **hoy en día, se puede afirmar que su uso combinado con dispositivos electrónicos**, tales como tablets, smartphones y ordenadores portátiles, permite que solamente sea "lenta" la parte de la observación con el sextante y la introducción de los datos obtenidos en estos dispositivos, para a partir de este momento, **obtenerse instantáneamente la situación observada**.
- Los métodos modernos, a través de dispositivos electrónicos dan magnitudes de una mayor precisión, pero no generan una mayor exactitud en los cálculos, ya que el uso de las tradicionales "Tablas Náuticas" ofrecía y ofrece la adecuada exactitud.
- Es necesario un constante mantenimiento de las técnicas de observación, tanto para la pericia del piloto observador, como para la adecuación y perfecto ajuste y reglaje de los instrumentos de observación, tales como: el sextante, cronómetro y cronógrafo.
- El uso de las "Tablas Americanas" es muy recomendable, pero en este trabajo se establecen procedimientos (algoritmos informáticos) que aumentan las posibilidades de observación al suministrar un mayor número de ternas de astros a observar.

- Se recomienda el uso del Almanaque Náutico Español, publicado por el Real Instituto y Observatorio de la Armada, del Ministerio de Defensa, ya que en sus páginas se pueden encontrar datos para la observación de hasta 100 estrellas, cuando en el resto de Almanaques de otros países, sus datos son más limitados.
- En la actualidad, y a través de aplicaciones informáticas gratuitas, es posible obtener distintas herramientas de comprobación de resultados tales como: “Cartes du Ciel” o “Stellarium”, que ayudan de gran manera en la observación.
- La corrección por rumbo y velocidad que se debe aplicar a las observaciones anteriores a la última, aplicada en el algoritmo de la hoja de cálculo facilita y agiliza el trazado de las rectas de altura, al no tener que ir trasladando el punto sobre el cual se deben trazar los determinantes de los distintos astros.

ANEXO I

CORRECCIONES PARA OBTENER LA ALTURA VERDADERA DEL SOL (LIMBO INFERIOR), PLANETA O ESTRELLA, 2015 — 387

TABLA A

DEPRESIÓN DE HORIZONTE

Elevación del obsdor. en metros (m)	Corrección (′)	Elevación del obsdor. en metros (m)	Corrección (′)
1.9	−2.5	13.6	−6.6
2.0	−2.6	14.0	−6.7
2.2	−2.7	14.4	−6.8
2.3	−2.8	14.8	−6.9
2.5	−2.9	15.3	−7.0
2.7	−3.0	15.7	−7.1
2.9	−3.1	16.2	−7.2
3.1	−3.2	16.6	−7.3
3.3	−3.3	17.1	−7.4
3.5	−3.4	17.6	−7.5
3.7	−3.5	18.0	−7.6
3.9	−3.6	18.5	−7.7
4.2	−3.7	19.0	−7.8
4.4	−3.8	19.5	−7.9
4.7	−3.9	20.0	−8.0
4.9	−4.0	20.5	−8.1
5.2	−4.1	21.0	−8.2
5.4	−4.2	21.5	−8.3
5.7	−4.3	22.1	−8.4
6.0	−4.4	22.6	−8.5
6.2	−4.5	23.1	−8.6
6.5	−4.6	23.7	−8.7
6.8	−4.7	24.2	−8.8
7.1	−4.8	24.8	−8.9
7.4	−4.9	25.4	−9.0
7.7	−5.0	25.9	−9.1
8.0	−5.1	26.5	−9.2
8.4	−5.2	27.1	−9.3
8.7	−5.3	27.7	−9.4
9.0	−5.4	28.3	−9.5
9.4	−5.5	28.9	−9.6
9.7	−5.6	29.5	−9.7
10.1	−5.7	30.1	−9.8
10.4	−5.8	30.7	−9.9
10.8	−5.9	31.3	−10.0
11.2	−6.0	32.0	−10.1
11.6	−6.1	32.6	−10.2
11.9	−6.2	33.3	−10.3
12.3	−6.3	33.9	−10.4
12.7	−6.4	34.6	−10.5
13.1	−6.5	35.2	−10.6
13.6		35.9	

TABLA B = SOL (LIMBO INFERIOR)

SEMIDIÁMETRO, REFRACCIÓN Y PARALAJE

Altura Obser. ☉ (° ′)	Corrección (′)	Altura Obser. ☉ (° ′)	Corrección (′)	Altura Obser. ☉ (° ′)	Corrección (′)	Altura Obser. ☉ (° ′)	Corrección (′)
6 15	+ 8.2	8 45	+10.2	13 23	+12.2	25 59	+14.2
6 21	+ 8.3	8 54	+10.3	13 44	+12.3	27 12	+14.3
6 27	+ 8.4	9 05	+10.4	14 06	+12.4	28 32	+14.4
6 33	+ 8.5	9 15	+10.5	14 29	+12.5	29 59	+14.5
6 40	+ 8.6	9 26	+10.6	14 53	+12.6	31 34	+14.6
6 46	+ 8.7	9 37	+10.7	15 18	+12.7	33 19	+14.7
6 53	+ 8.8	9 48	+10.8	15 45	+12.8	35 16	+14.8
7 00	+ 8.9	10 00	+10.9	16 13	+12.9	37 25	+14.9
7 06	+ 9.0	10 12	+11.0	16 43	+13.0	39 49	+15.0
7 14	+ 9.1	10 25	+11.1	17 14	+13.1	42 30	+15.1
7 21	+ 9.2	10 38	+11.2	17 47	+13.2	45 30	+15.2
7 28	+ 9.3	10 52	+11.3	18 23	+13.3	48 53	+15.3
7 36	+ 9.4	11 06	+11.4	19 01	+13.4	52 43	+15.4
7 44	+ 9.5	11 21	+11.5	19 41	+13.5	57 01	+15.5
7 52	+ 9.6	11 36	+11.6	20 24	+13.6	61 51	+15.6
8 00	+ 9.7	11 52	+11.7	21 10	+13.7	67 16	+15.7
8 08	+ 9.8	12 09	+11.8	21 59	+13.8	73 14	+15.8
8 17	+ 9.9	12 26	+11.9	22 53	+13.9	79 42	+15.9
8 26	+10.0	12 44	+12.0	23 50	+14.0	86 30	+16.0
8 35	+10.1	13 03	+12.1	24 52	+14.1	90 00	
8 45		13 23		25 59			

Correc. adicional (2015)

Ene. 1	+0′.3
Ene. 23	+0′.2
Feb. 27	+0′.1
Mar. 22	0′.0
Abr. 13	−0′.1
May. 7	−0′.2
Jun. 12	−0′.3
Jul. 27	−0′.2
Sep. 2	−0′.1
Sep. 26	0′.0
Oct. 18	+0′.1
Nov. 10	+0′.2
Dic. 15	+0′.3
Dic. 31	

TABLA C = PLANETAS Y ESTRELLAS

REFRACCIÓN

Altura Obser. (° ′)	Corrección (′)	Altura Obser. (° ′)	Corrección (′)
6 30	−7.8	14 00	−3.8
6 40	−7.6	15 00	−3.6
6 50	−7.5	16 00	−3.3
7 00	−7.3	17 00	−3.1
7 15	−7.1	18 00	−3.0
7 30	−6.9	19 00	−2.8
7 45	−6.7	20 00	−2.6
8 00	−6.5	21 00	−2.5
8 15	−6.3	22 00	−2.4
8 30	−6.2	24 00	−2.2
8 45	−6.0	26 00	−2.0
9 00	−5.9	28 00	−1.8
9 20	−5.7	32 00	−1.6
9 40	−5.5	36 00	−1.3
10 00	−5.3	40 00	−1.2
10 30	−5.1	45 00	−1.0
11 00	−4.8	50 00	−0.8
11 30	−4.6	60 00	−0.6
12 00	−4.5	70 00	−0.4
12 30	−4.3	80 00	−0.2
13 00	−4.1	90 00	0.0

PARALAJE (2015)

Fechas	Venus Cualquier altura	Marte Alturas observadas < 30°	> 30°, < 60°	> 60°
Ene. 1	+0′.1	+0′.1	+0′.1	0′.0
Ene. 23	+0′.1	+0′.1	0′.0	0′.0
May. 15	+0′.2	+0′.1	0′.0	0′.0
Jun. 29	+0′.3	+0′.1	0′.0	0′.0
Jul. 20	+0′.4	+0′.1	0′.0	0′.0
Ago. 9	+0′.5	+0′.1	0′.0	0′.0
Ago. 22	+0′.4	+0′.1	0′.0	0′.0
Sep. 12	+0′.3	+0′.1	0′.0	0′.0
Oct. 4	+0′.2	+0′.1	0′.0	0′.0
Nov. 18	+0′.2	+0′.1	+0′.1	0′.0
Nov. 21	+0′.1	+0′.1	+0′.1	0′.0
Dic. 31				

Para el uso de estas tablas, en los valores explícitos tomar el valor superior

ANEXO II

XVI — Azimutes. — Primera parte.

$\varphi = \frac{\text{tang } d}{\text{sen } h}$ Declinación y latitud { de igual denominación. . . . . + ; de contraria denominación . — }

Declinación.	4h Angulo en el polo. 0m	4m	8m	12m	16m	20m	24m	28m	32m	36m	40m	44m	48m	52m	56m	60m	Declinación.
	60°	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°	68°	69°	70°	71°	72°	73°	74°	75°	
0°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0°
1	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	1
2	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	2
3	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	3
4	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	4
5	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	5
6	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	6
7	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	7
8	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	8
9	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	9
10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.18	10
11	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	11
12	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	12
13	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	13
14	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	14
15	0.31	0.31	0.30	0.30	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	15
16	0.33	0.33	0.32	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	16
17	0.35	0.35	0.35	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	17
18	0.38	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	18
19	0.40	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	19
20	0.42	0.42	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	20
21	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40	21
22	0.47	0.46	0.46	0.45	0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	0.43	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42	22
23	0.49	0.49	0.48	0.48	0.47	0.47	0.46	0.46	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.44	0.44	0.44	23
24	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50	0.49	0.49	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46	24
25	0.54	0.53	0.53	0.52	0.52	0.51	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50	0.49	0.49	0.49	0.49	0.48	25
26	0.56	0.56	0.55	0.55	0.54	0.54	0.53	0.53	0.53	0.52	0.52	0.52	0.51	0.51	0.51	0.50	26
27	0.59	0.58	0.58	0.57	0.57	0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.54	0.54	0.54	0.53	0.53	0.53	27
28	0.61	0.61	0.60	0.60	0.59	0.59	0.58	0.58	0.57	0.57	0.57	0.56	0.56	0.56	0.55	0.55	28
29	0.64	0.63	0.63	0.62	0.62	0.61	0.61	0.60	0.60	0.59	0.59	0.59	0.58	0.58	0.58	0.57	29
30	0.67	0.66	0.65	0.65	0.64	0.64	0.63	0.63	0.62	0.62	0.61	0.61	0.61	0.60	0.60	0.60	30
31	0.69	0.69	0.68	0.67	0.67	0.66	0.66	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64	0.63	0.63	0.63	0.62	31
32	0.72	0.71	0.71	0.70	0.70	0.69	0.68	0.68	0.67	0.67	0.66	0.66	0.66	0.65	0.65	0.65	32
33	0.75	0.74	0.74	0.73	0.72	0.72	0.71	0.71	0.70	0.70	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68	0.67	33
34	0.78	0.77	0.76	0.76	0.75	0.74	0.74	0.73	0.73	0.72	0.72	0.71	0.71	0.71	0.70	0.70	34
35	0.81	0.80	0.79	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.75	0.75	0.74	0.74	0.73	0.73	0.72	35
36	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.80	0.80	0.79	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76	0.75	36
37	0.87	0.86	0.85	0.85	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78	37
38	0.90	0.89	0.88	0.88	0.87	0.86	0.86	0.85	0.84	0.84	0.83	0.83	0.82	0.82	0.81	0.81	38
39	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.89	0.88	0.87	0.87	0.86	0.86	0.85	0.85	0.84	0.84	39
40	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.93	0.92	0.91	0.90	0.90	0.89	0.89	0.88	0.88	0.87	0.87	40
41	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.93	0.93	0.92	0.91	0.91	0.90	0.90	41
42	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94	0.94	0.93	42
43	1.08	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	1.01	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.97	0.97	43
44	1.12	1.10	1.09	1.08	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.03	1.02	1.02	1.01	1.00	1.00	44
45	1.15	1.14	1.13	1.12	1.11	1.10	1.09	1.09	1.08	1.07	1.06	1.06	1.05	1.05	1.04	1.04	45
46	1.20	1.18	1.17	1.16	1.15	1.14	1.13	1.12	1.12	1.11	1.10	1.10	1.09	1.08	1.08	1.07	46
47	1.24	1.23	1.21	1.20	1.19	1.18	1.17	1.16	1.16	1.15	1.14	1.13	1.13	1.12	1.12	1.11	47
48	1.28	1.27	1.26	1.25	1.24	1.23	1.22	1.21	1.20	1.19	1.18	1.17	1.17	1.16	1.16	1.15	48
49	1.33	1.32	1.30	1.29	1.28	1.27	1.26	1.25	1.24	1.23	1.22	1.22	1.21	1.20	1.20	1.19	49
50	1.38	1.36	1.35	1.34	1.33	1.31	1.30	1.29	1.29	1.28	1.27	1.26	1.25	1.25	1.24	1.23	50
51	1.43	1.41	1.40	1.39	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33	1.32	1.31	1.31	1.30	1.29	1.28	1.28	51
52	1.48	1.46	1.45	1.44	1.42	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	1.35	1.34	1.33	1.33	52
53	1.53	1.52	1.50	1.49	1.48	1.46	1.45	1.44	1.43	1.42	1.41	1.40	1.40	1.39	1.38	1.37	53
54	1.59	1.57	1.56	1.54	1.53	1.52	1.51	1.50	1.48	1.47	1.46	1.46	1.45	1.44	1.43	1.42	54
55	1.65	1.63	1.62	1.60	1.59	1.58	1.56	1.55	1.54	1.53	1.52	1.51	1.50	1.49	1.49	1.48	55
56	1.71	1.70	1.68	1.66	1.65	1.64	1.62	1.61	1.60	1.59	1.58	1.57	1.56	1.55	1.54	1.53	56
57	1.78	1.76	1.74	1.73	1.71	1.70	1.69	1.67	1.66	1.65	1.64	1.63	1.62	1.61	1.60	1.59	57
58	1.85	1.83	1.81	1.80	1.78	1.77	1.75	1.74	1.73	1.71	1.70	1.69	1.68	1.67	1.66	1.66	58
59	1.92	1.90	1.88	1.87	1.85	1.84	1.82	1.81	1.80	1.78	1.77	1.76	1.75	1.74	1.73	1.72	59
60	2.00	1.98	1.96	1.94	1.93	1.91	1.90	1.88	1.87	1.86	1.84	1.83	1.82	1.81	1.80	1.79	60
Declinación	120°	119°	118°	117°	116°	115°	114°	113°	112°	111°	110°	109°	108°	107°	106°	105°	Declinación
	60m	56m	52m	48m	44m	40m	36m	32m	28m	24m	20m	16m	12m	8m	4m	0m	
	Angulo en el polo.															7h	

200

ANEXO III

Segunda parte. Azimutes. XVI

$p = -\frac{\text{tang } l}{\text{tang } h}$ Angulo en el polo $\begin{cases} <6^h \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & - \\ >6^h \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & + \end{cases}$

Latitud.	4h Angulo en el polo.																Latitud.
	0m	4m	8m	12m	16m	20m	24m	28m	32m	36m	40m	44m	48m	52m	56m	60m	
	60°	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°	68°	69°	70°	71°	72°	73°	74°	75°	
0°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0°
1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	1
2	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	2
3	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	3
4	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	4
5	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	5
6	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	6
7	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	7
8	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	8
9	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	9
10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	10
11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05	11
12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	12
13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	13
14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	14
15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	15
16	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	16
17	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	17
18	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.09	18
19	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	19
20	0.21	0.20	0.19	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	20
21	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	21
22	0.23	0.22	0.21	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	22
23	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	23
24	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	24
25	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	25
26	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	26
27	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	27
28	0.31	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	28
29	0.32	0.31	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	29
30	0.33	0.32	0.31	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.15	30
31	0.35	0.33	0.32	0.31	0.29	0.28	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	31
32	0.36	0.35	0.34	0.32	0.30	0.29	0.28	0.27	0.25	0.24	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	32
33	0.37	0.36	0.35	0.33	0.32	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	33
34	0.39	0.37	0.36	0.34	0.33	0.31	0.30	0.29	0.27	0.26	0.25	0.23	0.22	0.21	0.19	0.18	34
35	0.40	0.39	0.37	0.36	0.34	0.33	0.31	0.30	0.28	0.27	0.25	0.24	0.23	0.21	0.20	0.19	35
36	0.42	0.40	0.39	0.37	0.35	0.34	0.32	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24	0.22	0.21	0.19	36
37	0.44	0.42	0.40	0.38	0.37	0.35	0.34	0.32	0.30	0.29	0.27	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	37
38	0.45	0.43	0.42	0.40	0.38	0.36	0.35	0.33	0.32	0.30	0.28	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	38
39	0.47	0.45	0.43	0.41	0.40	0.38	0.36	0.34	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	39
40	0.48	0.47	0.45	0.43	0.41	0.39	0.37	0.36	0.34	0.32	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	40
41	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.41	0.39	0.37	0.35	0.33	0.32	0.30	0.28	0.27	0.25	0.23	41
42	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.40	0.38	0.36	0.35	0.33	0.31	0.29	0.28	0.26	0.24	42
43	0.54	0.52	0.50	0.48	0.45	0.43	0.42	0.40	0.38	0.36	0.34	0.32	0.30	0.29	0.27	0.25	43
44	0.56	0.54	0.51	0.49	0.47	0.45	0.43	0.41	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	44
45	0.58	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47	0.45	0.42	0.40	0.38	0.36	0.34	0.32	0.31	0.29	0.27	45
46	0.60	0.57	0.55	0.53	0.51	0.48	0.46	0.44	0.42	0.40	0.38	0.36	0.34	0.32	0.30	0.28	46
47	0.62	0.59	0.57	0.55	0.52	0.50	0.48	0.46	0.43	0.41	0.39	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29	47
48	0.64	0.62	0.59	0.57	0.54	0.52	0.49	0.47	0.45	0.43	0.40	0.38	0.36	0.34	0.32	0.30	48
49	0.66	0.64	0.61	0.59	0.56	0.54	0.51	0.49	0.46	0.44	0.42	0.40	0.37	0.35	0.33	0.31	49
50	0.69	0.66	0.63	0.61	0.58	0.56	0.53	0.51	0.48	0.46	0.43	0.41	0.39	0.36	0.34	0.32	50
51	0.71	0.68	0.66	0.63	0.60	0.58	0.55	0.52	0.50	0.47	0.45	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	51
52	0.74	0.71	0.68	0.65	0.63	0.60	0.57	0.54	0.52	0.49	0.47	0.44	0.42	0.39	0.37	0.34	52
53	0.77	0.74	0.71	0.68	0.65	0.62	0.59	0.56	0.54	0.51	0.48	0.46	0.43	0.41	0.38	0.36	53
54	0.79	0.76	0.73	0.70	0.67	0.64	0.61	0.58	0.56	0.53	0.50	0.47	0.45	0.42	0.39	0.37	54
55	0.82	0.79	0.76	0.73	0.70	0.67	0.64	0.61	0.58	0.55	0.52	0.49	0.46	0.44	0.41	0.38	55
56	0.86	0.82	0.79	0.76	0.72	0.69	0.66	0.63	0.60	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45	0.43	0.40	56
57	0.89	0.85	0.82	0.78	0.75	0.72	0.69	0.65	0.62	0.59	0.56	0.53	0.50	0.47	0.44	0.41	57
58	0.92	0.89	0.85	0.82	0.78	0.75	0.71	0.68	0.65	0.61	0.58	0.55	0.52	0.49	0.46	0.43	58
59	0.96	0.92	0.88	0.85	0.81	0.78	0.74	0.71	0.67	0.64	0.61	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45	59
60	1.00	0.96	0.92	0.88	0.84	0.81	0.77	0.74	0.70	0.66	0.63	0.60	0.56	0.53	0.50	0.46	60
	120°	119°	118°	117°	116°	115°	114°	113°	112°	111°	110°	109°	108°	107°	106°	105°	
	60m	56m	52m	48m	44m	40m	36m	32m	28m	24m	20m	16m	12m	8m	4m	0m	
	Angulo en el polo. 7h																Latitud.

201

ANEXO IV

XVI — Azimutes. — Tercera parte.

$p = p' + p''$
$\cot g\, Z = p \cos l$

Si $\left\{ \begin{matrix} p + \\ p - \end{matrix} \right\}$ el azimut se cuenta desde el polo $\left\{ \begin{matrix} \text{elevado.} \\ \text{depreso.} \end{matrix} \right.$

Latitud.	Azimut.															
	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°	45°
0°	1.73	1.66	1.60	1.54	1.48	1.43	1.38	1.33	1.28	1.23	1.19	1.15	1.11	1.07	1.04	1.00
1	1.73	1.66	1.60	1.54	1.48	1.43	1.38	1.33	1.28	1.24	1.19	1.15	1.11	1.07	1.04	1.00
2	1.73	1.67	1.60	1.54	1.48	1.43	1.38	1.33	1.28	1.24	1.19	1.15	1.11	1.07	1.04	1.00
3	1.73	1.67	1.60	1.54	1.48	1.43	1.38	1.33	1.28	1.24	1.19	1.15	1.11	1.07	1.04	1.00
4	1.74	1.67	1.60	1.54	1.49	1.43	1.38	1.33	1.28	1.24	1.19	1.15	1.11	1.07	1.04	1.00
5	1.74	1.67	1.61	1.55	1.49	1.43	1.38	1.33	1.28	1.24	1.20	1.15	1.11	1.08	1.04	1.00
6	1.74	1.67	1.61	1.55	1.49	1.44	1.38	1.33	1.29	1.24	1.20	1.16	1.12	1.08	1.04	1.01
7	1.75	1.68	1.61	1.55	1.49	1.44	1.39	1.34	1.29	1.24	1.20	1.16	1.12	1.08	1.04	1.01
8	1.75	1.68	1.62	1.56	1.50	1.44	1.39	1.34	1.29	1.25	1.20	1.16	1.12	1.08	1.05	1.01
9	1.75	1.69	1.62	1.56	1.50	1.45	1.39	1.34	1.30	1.25	1.21	1.16	1.12	1.09	1.05	1.01
10	1.76	1.69	1.63	1.56	1.51	1.45	1.40	1.35	1.30	1.25	1.21	1.17	1.13	1.09	1.05	1.02
11	1.76	1.70	1.63	1.57	1.51	1.45	1.40	1.35	1.30	1.26	1.21	1.17	1.13	1.09	1.05	1.02
12	1.77	1.70	1.64	1.57	1.52	1.46	1.41	1.36	1.31	1.26	1.22	1.18	1.14	1.10	1.06	1.02
13	1.78	1.71	1.64	1.58	1.52	1.47	1.41	1.36	1.31	1.27	1.22	1.18	1.14	1.10	1.06	1.03
14	1.79	1.72	1.65	1.59	1.53	1.47	1.42	1.37	1.32	1.27	1.23	1.19	1.14	1.11	1.07	1.03
15	1.79	1.72	1.66	1.59	1.53	1.48	1.42	1.37	1.33	1.28	1.23	1.19	1.15	1.11	1.07	1.04
16	1.80	1.73	1.66	1.60	1.54	1.49	1.43	1.38	1.33	1.28	1.24	1.20	1.16	1.12	1.08	1.04
17	1.81	1.74	1.67	1.61	1.55	1.49	1.44	1.39	1.34	1.29	1.25	1.20	1.16	1.12	1.08	1.05
18	1.82	1.75	1.68	1.62	1.56	1.50	1.45	1.40	1.35	1.30	1.25	1.21	1.17	1.13	1.09	1.05
19	1.83	1.76	1.69	1.63	1.57	1.51	1.46	1.40	1.35	1.31	1.26	1.22	1.17	1.13	1.10	1.06
20	1.84	1.77	1.70	1.64	1.58	1.52	1.46	1.41	1.36	1.31	1.27	1.22	1.18	1.14	1.10	1.06
21	1.86	1.78	1.71	1.65	1.59	1.53	1.47	1.42	1.37	1.32	1.28	1.23	1.19	1.15	1.11	1.07
22	1.87	1.80	1.73	1.66	1.60	1.54	1.48	1.43	1.38	1.33	1.29	1.24	1.20	1.16	1.12	1.08
23	1.88	1.81	1.74	1.67	1.61	1.55	1.50	1.44	1.39	1.34	1.29	1.25	1.21	1.16	1.12	1.09
24	1.90	1.82	1.75	1.69	1.62	1.56	1.51	1.45	1.40	1.35	1.30	1.26	1.22	1.17	1.13	1.09
25	1.91	1.84	1.77	1.70	1.64	1.58	1.52	1.46	1.41	1.36	1.31	1.27	1.23	1.18	1.14	1.10
26	1.93	1.85	1.78	1.71	1.65	1.59	1.53	1.48	1.42	1.37	1.33	1.28	1.24	1.19	1.15	1.11
27	1.94	1.87	1.80	1.73	1.66	1.60	1.54	1.49	1.44	1.39	1.34	1.29	1.25	1.20	1.16	1.12
28	1.96	1.88	1.81	1.74	1.68	1.62	1.56	1.50	1.45	1.40	1.35	1.30	1.26	1.21	1.17	1.13
29	1.98	1.90	1.83	1.76	1.70	1.63	1.57	1.52	1.46	1.41	1.36	1.32	1.27	1.23	1.18	1.14
30	2.00	1.92	1.85	1.78	1.71	1.65	1.59	1.53	1.48	1.43	1.38	1.33	1.28	1.24	1.20	1.15
31	2.02	1.94	1.87	1.80	1.73	1.67	1.61	1.55	1.49	1.44	1.39	1.34	1.30	1.25	1.21	1.17
32	2.04	1.96	1.89	1.82	1.75	1.68	1.62	1.56	1.51	1.46	1.41	1.36	1.31	1.26	1.22	1.18
33	2.07	1.98	1.91	1.84	1.77	1.70	1.64	1.58	1.53	1.47	1.42	1.37	1.32	1.28	1.23	1.19
34	2.09	2.01	1.93	1.86	1.79	1.72	1.66	1.60	1.54	1.49	1.44	1.39	1.34	1.29	1.25	1.21
35	2.11	2.03	1.95	1.88	1.81	1.74	1.68	1.62	1.56	1.51	1.45	1.40	1.36	1.31	1.26	1.22
36	2.14	2.06	1.98	1.90	1.83	1.77	1.70	1.64	1.58	1.53	1.47	1.42	1.37	1.33	1.28	1.24
37	2.17	2.08	2.00	1.93	1.86	1.79	1.72	1.66	1.60	1.55	1.49	1.44	1.39	1.34	1.30	1.25
38	2.20	2.11	2.03	1.95	1.88	1.81	1.75	1.68	1.62	1.57	1.51	1.46	1.41	1.36	1.31	1.27
39	2.23	2.14	2.06	1.98	1.91	1.84	1.77	1.71	1.65	1.59	1.53	1.48	1.43	1.38	1.33	1.29
40	2.26	2.17	2.09	2.01	1.94	1.86	1.80	1.73	1.67	1.61	1.56	1.50	1.45	1.40	1.35	1.31
41	2.30	2.21	2.12	2.04	1.96	1.89	1.82	1.76	1.70	1.64	1.58	1.52	1.47	1.42	1.37	1.33
42	2.33	2.24	2.15	2.07	2.00	1.92	1.85	1.79	1.72	1.66	1.60	1.55	1.49	1.44	1.39	1.35
43	2.37	2.28	2.19	2.11	2.03	1.95	1.88	1.81	1.75	1.69	1.63	1.57	1.52	1.47	1.42	1.37
44	2.41	2.31	2.22	2.14	2.06	1.99	1.91	1.84	1.78	1.72	1.66	1.60	1.54	1.49	1.44	1.39
45	2.45	2.35	2.26	2.18	2.10	2.02	1.95	1.88	1.81	1.75	1.69	1.63	1.57	1.52	1.46	1.41
46	2.49	2.40	2.30	2.22	2.13	2.06	1.98	1.91	1.84	1.78	1.72	1.66	1.60	1.54	1.49	1.44
47	2.54	2.44	2.35	2.26	2.17	2.09	2.02	1.95	1.88	1.81	1.75	1.69	1.63	1.57	1.52	1.47
48	2.59	2.49	2.39	2.30	2.22	2.13	2.06	1.98	1.91	1.85	1.78	1.72	1.66	1.60	1.55	1.49
49	2.64	2.54	2.44	2.35	2.26	2.18	2.10	2.02	1.95	1.88	1.82	1.75	1.69	1.63	1.58	1.52
50	2.69	2.59	2.49	2.40	2.31	2.22	2.14	2.06	1.99	1.92	1.85	1.79	1.73	1.67	1.61	1.56
51	2.75	2.64	2.54	2.45	2.36	2.27	2.19	2.11	2.03	1.96	1.89	1.83	1.76	1.70	1.65	1.59
52	2.81	2.70	2.60	2.50	2.41	2.32	2.24	2.16	2.08	2.01	1.94	1.87	1.80	1.74	1.68	1.62
53	2.88	2.77	2.66	2.56	2.46	2.37	2.29	2.21	2.13	2.05	1.98	1.91	1.85	1.78	1.72	1.66
54	2.95	2.83	2.72	2.62	2.52	2.43	2.34	2.26	2.18	2.10	2.03	1.96	1.89	1.82	1.76	1.70
55	3.02	2.90	2.79	2.68	2.58	2.49	2.40	2.31	2.23	2.15	2.08	2.01	1.94	1.87	1.81	1.74
56	3.10	2.98	2.86	2.75	2.65	2.55	2.46	2.37	2.29	2.21	2.13	2.06	1.99	1.92	1.85	1.79
57	3.18	3.06	2.94	2.83	2.72	2.62	2.53	2.44	2.35	2.27	2.19	2.11	2.04	1.97	1.90	1.84
58	3.27	3.14	3.02	2.91	2.80	2.70	2.60	2.50	2.42	2.33	2.25	2.17	2.10	2.02	1.95	1.89
59	3.36	3.23	3.11	2.99	2.88	2.77	2.67	2.58	2.49	2.40	2.31	2.23	2.16	2.08	2.01	1.94
60	3.46	3.33	3.20	3.08	2.97	2.86	2.75	2.65	2.56	2.47	2.38	2.30	2.22	2.14	2.07	2.00
Latitud.	150°	149°	148°	147°	146°	145°	144°	143°	142°	141°	140°	139°	138°	137°	136°	135°
	Azimut.															

206

ANEXO V

92 — Martes 24 de marzo de 2015

UT	SOL SD: 16'.0 PMG: 12h 06m.4		LUNA SD: 16'.0 Edad: 3d.6 PHE 4h: 58'.7 12h: 58'.4 20h: 58'.1 PMG: 15h 54m R°: 53m				Latitud	Principio del crepúsculo Náutico	Principio del crepúsculo Civil	Salida de Sol	Salida de Luna Hora	Salida de Luna R°	Puesta de Luna Hora	Puesta de Luna R°
	hG ☉	Dec	hG ☾	Dif	Dec	Dif								
h	° ′	° ′	° ′		° ′		°	h m	h m	h m	h m	m	h m	m
0	178 22.3	+1 12.3	130 20.4	79	+14 53.0	64	60 N	4 18	5 09	5 51	7 41	37	** **	***
1	193 22.5	13.3	144 47.3	79	+14 59.4	63	58	25	12	52	50	40	** **	***
2	208 22.7	14.3	159 14.2	80	+15 05.7	62	56	31	16	53	7 59	41	23 58	62
3	223 22.9	15.2	173 41.2	79	11.9	61	54	36	18	54	8 07	41	49	61
4	238 23.1	16.2	188 08.1	80	18.0	61	52	40	21	54	13	43	41	61
5	253 23.3	+1 17.2	202 35.1	80	+15 24.1	59	50	4 44	5 23	5 55	8 20	43	23 35	60
6	268 23.5	+1 18.2	217 02.1	80	+15 30.0	58	45	4 53	5 27	5 57	8 33	46	23 20	59
7	283 23.7	19.2	231 29.1	80	35.8	57	40	4 59	31	58	44	47	23 08	58
8	298 23.8	20.2	245 56.1	81	41.5	56	35	5 04	33	5 59	8 53	49	22 57	58
9	313 24.0	21.2	260 23.2	80	47.1	55	30	08	36	6 00	9 02	49	48	57
10	328 24.2	22.1	274 50.2	81	52.6	54	20	13	39	01	16	51	33	55
11	343 24.4	+1 23.1	289 17.3	81	+15 58.0	53	10 N	5 17	5 41	6 02	9 29	52	22 19	55
12	358 24.6	+1 24.1	303 44.4	82	+16 03.3	52	0	5 18	5 42	6 03	9 40	55	22 07	53
13	13 24.8	25.1	318 11.6	81	08.5	51	10 S	19	43	04	9 52	56	21 54	52
14	28 25.0	26.1	332 38.7	82	13.6	50	20	17	43	05	10 05	57	40	52
15	43 25.2	27.1	347 05.9	82	18.6	48	30	14	42	06	20	59	25	50
16	58 25.3	28.0	1 33.1	82	23.4	48	35	11	41	06	28	60	16	49
17	73 25.5	+1 29.0	16 00.3	82	+16 28.2	47	40	5 08	5 39	6 06	10 38	61	21 05	49
18	88 25.7	+1 30.0	30 27.5	83	+16 32.9	45	45	5 03	5 38	6 07	10 50	62	20 53	48
19	103 25.9	31.0	44 54.8	82	37.4	45	50	4 57	35	07	11 04	63	39	46
20	118 26.1	32.0	59 22.0	83	41.9	43	52	54	34	08	10	65	32	46
21	133 26.3	33.0	73 49.3	84	46.2	43	54	51	33	08	17	66	25	45
22	148 26.5	34.0	88 16.7	83	50.5	41	56	47	31	08	26	66	16	44
23	163 26.7	34.9	102 44.0	84	54.6	40	58	43	29	08	35	68	20 07	43
24	178 26.8	+1 35.9	117 11.4		+16 58.6		60 S	4 38	5 27	6 09	11 45	70	19 56	42

UT	ARIES PMG 11h 53m.4	VENUS Mag.: −4.0 PMG: 14h 17m		MARTE Mag.: +1.4 PMG: 13h 25m		JÚPITER Mag.: −2.4 PMG: 20h 55m		SATURNO Mag.: +0.3 PMG: 4h 08m	
	hG ♈	hG ♀	Dec	hG ♂	Dec	hG ♃	Dec	hG ♄	Dec
h	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′
0	181 09.2	145 45.6	+14 34.4	158 35.3	+9 12.5	45 25.2	+17 51.0	297 50.5	−19 01.0
1	196 11.7	160 45.1	35.5	173 36.0	13.3	60 27.8	51.0	312 53.0	01.0
2	211 14.1	175 44.7	36.6	188 36.8	14.0	75 30.4	51.0	327 55.5	01.0
3	226 16.6	190 44.3	37.7	203 37.5	14.7	90 33.0	51.1	342 58.0	01.0
4	241 19.1	205 43.9	38.8	218 38.2	15.4	105 35.6	51.1	358 00.5	00.9
5	256 21.5	220 43.5	+14 39.9	233 38.9	+9 16.1	120 38.2	+17 51.1	13 03.0	−19 00.9
6	271 24.0	235 43.0	+14 41.0	248 39.6	+9 16.8	135 40.8	+17 51.2	28 05.5	−19 00.9
7	286 26.5	250 42.6	42.1	263 40.3	17.5	150 43.3	51.2	43 08.0	00.9
8	301 28.9	265 42.2	43.2	278 41.0	18.2	165 45.9	51.2	58 10.5	00.9
9	316 31.4	280 41.8	44.3	293 41.8	19.0	180 48.5	51.3	73 13.0	00.9
10	331 33.9	295 41.3	45.4	308 42.5	19.7	195 51.1	51.3	88 15.5	00.9
11	346 36.3	310 40.9	+14 46.5	323 43.2	+9 20.4	210 53.7	+17 51.3	103 18.0	−19 00.9
12	1 38.8	325 40.5	+14 47.6	338 43.9	+9 21.1	225 56.3	+17 51.4	118 20.5	−19 00.8
13	16 41.3	340 40.1	48.7	353 44.6	21.8	240 58.9	51.4	133 23.0	00.8
14	31 43.7	355 39.6	49.8	8 45.3	22.5	256 01.4	51.4	148 25.5	00.8
15	46 46.2	10 39.2	50.9	23 46.0	23.2	271 04.0	51.5	163 28.0	00.8
16	61 48.6	25 38.8	51.9	38 46.7	23.9	286 06.6	51.5	178 30.5	00.8
17	76 51.1	40 38.4	+14 53.0	53 47.5	+9 24.6	301 09.2	+17 51.5	193 33.1	−19 00.8
18	91 53.6	55 37.9	+14 54.1	68 48.2	+9 25.4	316 11.8	+17 51.6	208 35.6	−19 00.8
19	106 56.0	70 37.5	55.2	83 48.9	26.1	331 14.4	51.6	223 38.1	00.7
20	121 58.5	85 37.1	56.3	98 49.6	26.8	346 16.9	51.6	238 40.6	00.7
21	137 01.0	100 36.7	57.4	113 50.3	27.5	1 19.5	51.6	253 43.1	00.7
22	152 03.4	115 36.2	58.5	128 51.0	28.2	16 22.1	51.7	268 45.6	00.7
23	167 05.9	130 35.8	+14 59.6	143 51.7	28.9	31 24.7	51.7	283 48.1	00.7
24	182 08.4	145 35.4	+15 00.7	158 52.5	+9 29.6	46 27.3	+17 51.7	298 50.6	−19 00.7
Dif	—	−4	+11	+7	+7	+26	0	+25	0

ANEXO VI

II **Logaritmos de las funciones circulares.**

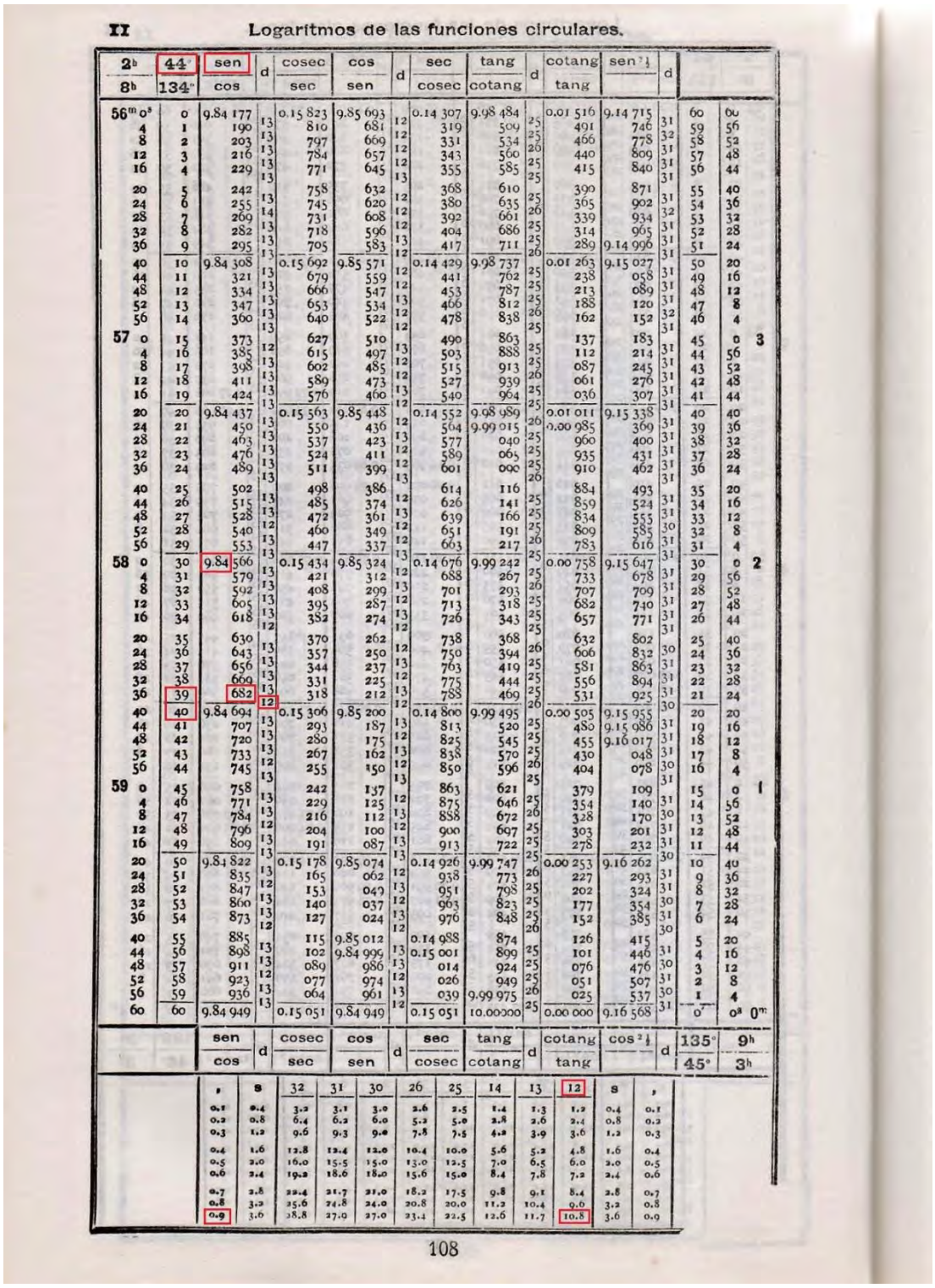
2h / 8h	30° / 120°	sen / cos	d	cosec / sec	cos / sen	d	sec / cosec	tang / cotang	d	cotang / tang	sen ²½	d		
0m 0s	0'	9.69 897	22	0.30 103	9.93 753	7	0.06 247	9.76 144	29	0.23 856	8.82 599	47	60	60
4	1	919	22	081	746	8	254	173	29	827	646	47	59	56
8	2	941	22	059	738	7	262	202	29	798	693	47	58	52
12	3	963	21	037	731	7	269	231	30	769	741	48	57	48
16	4	9.69 984	22	0.30 016	724	7	276	261	29	739	788	47	56	44
20	5	9.70 006	22	0.29 994	717	8	283	290	29	710	835	47	55	40
24	6	028	22	972	709	7	291	319	29	681	882	47	54	36
28	7	050	22	950	702	7	298	348	29	652	929	47	53	32
32	8	072	21	928	695	8	305	377	29	623	8.82 976	46	52	28
36	9	093	22	907	687	7	313	406	29	594	8.83 022	47	51	24
40	10	9.70 115	22	0.29 885	9.93 680	7	0.06 320	9.76 435	29	0.23 565	8.83 069	47	50	20
44	11	137	22	863	673	8	327	464	29	536	116	47	49	16
48	12	159	21	841	665	7	335	493	29	507	163	47	48	12
52	13	180	22	820	658	8	342	522	29	478	210	47	47	8
56	14	202	22	798	650	7	350	551	29	449	257	46	46	4
1 0	15	224	21	776	643	7	357	580	29	420	303	47	45	0 59
4	16	245	22	755	635	8	364	609	30	391	350	47	44	56
8	17	267	21	733	628	7	372	639	29	361	397	46	43	52
12	18	288	22	712	621	7	379	668	29	332	443	47	42	48
16	19	310	22	690	614	8	386	697	28	303	490	47	41	44
20	20	9.70 332	21	0.29 668	9.93 606	7	0.06 394	9.76 725	29	0.23 275	8.83 537	46	40	40
24	21	353	22	647	599	8	401	754	29	246	583	47	39	36
28	22	375	21	625	591	7	409	783	29	217	630	46	38	32
32	23	396	22	604	584	7	416	812	29	188	676	47	37	28
36	24	418	21	582	577	8	423	841	29	159	723	46	36	24
40	25	439	22	561	569	7	431	870	29	130	769	47	35	20
44	26	461	21	539	562	8	438	899	29	101	816	46	34	16
48	27	482	22	518	554	7	446	928	29	072	862	47	33	12
52	28	504	21	496	547	8	453	957	29	043	909	46	32	8
56	29	525	22	475	539	7	461	9.76 986	29	0.23 014	8.83 955	46	31	4
2 0	30	9.70 547	21	0.29 453	9.93 532	7	0.06 468	9.77 015	29	0.22 985	8.84 001	47	30	0 58
4	31	568	22	432	525	8	475	044	29	956	048	46	29	56
8	32	590	21	410	517	7	483	073	28	927	094	46	28	52
12	33	611	22	389	510	8	490	101	29	899	140	47	27	48
16	34	633	21	367	502	7	498	130	29	870	187	46	26	44
20	35	654	21	346	495	8	505	159	29	841	233	46	25	40
24	36	675	22	325	487	7	513	188	29	812	279	46	24	36
28	37	697	21	303	480	8	520	217	29	783	325	46	23	32
32	38	718	21	282	472	7	528	246	28	754	371	46	22	28
36	39	739	22	261	465	8	535	274	29	726	417	47	21	24
40	40	9.70 761	21	0.29 239	9.93 457	7	0.06 543	9.77 303	29	0.22 697	8.84 464	46	20	20
44	41	782	21	218	450	8	550	332	29	668	510	46	19	16
48	42	803	21	197	442	7	558	361	29	639	556	46	18	12
52	43	824	22	176	435	8	565	390	28	610	602	46	17	8
56	44	846	21	154	427	7	573	418	29	582	648	46	16	4
3 0	45	867	21	133	420	8	580	447	29	553	694	45	15	0 57
4	46	888	21	112	412	7	588	476	29	524	739	46	14	56
8	47	909	22	091	405	8	595	505	28	495	785	46	13	52
12	48	931	21	069	397	7	603	533	29	467	831	46	12	48
16	49	952	21	048	390	8	610	562	29	438	877	46	11	44
20	50	9.70 973	21	0.29 027	9.93 382	7	0.06 618	9.77 591	28	0.22 409	8.84 923	46	10	40
24	51	9.70 994	21	0.29 006	375	8	625	619	29	381	8.84 969	46	9	36
28	52	9.71 015	21	0.28 985	367	7	633	648	29	352	8.85 015	45	8	32
32	53	036	22	964	360	8	640	677	29	323	060	46	7	28
36	54	058	21	942	352	8	648	706	28	294	106	46	6	24
40	55	079	21	921	344	7	656	734	29	266	152	45	5	20
44	56	100	21	900	337	8	663	763	28	237	197	46	4	16
48	57	121	21	879	329	7	671	791	29	209	243	46	3	12
52	58	142	21	858	322	8	678	820	29	180	289	45	2	8
56	59	163	21	837	314	7	686	849	28	151	334	46	1	4
60	60	9.71 184		0.28 816	9.93 307		0.06 693	9.77 877		0.22 123	8.85 380		0'	0' 56m

sen / cos	d	cosec / sec	cos / sen	d	sec / cosec	tang / cotang	d	cotang / tang	cos ²½	d	149° / 59°	9h / 3h

'	s	48	47	46	45	30	29	28	22	21	8	7	s	'
0.1	0.4	4.8	4.7	4.6	4.5	3.0	2.9	2.8	2.2	2.1	0.8	0.7	0.4	0.1
0.2	0.8	9.6	9.4	9.2	9.0	6.0	5.8	5.6	4.4	4.2	1.6	1.4	0.8	0.2
0.3	1.2	14.4	14.1	13.8	13.5	9.0	8.7	8.4	6.6	6.3	2.4	2.1	1.2	0.3
0.4	1.6	19.2	18.8	18.4	18.0	12.0	11.6	11.2	8.8	8.4	3.2	2.8	1.6	0.4
0.5	2.0	24.0	23.5	23.0	22.5	15.0	14.5	14.0	11.0	10.5	4.0	3.5	2.0	0.5
0.6	2.4	28.8	28.2	27.6	27.0	18.0	17.4	16.8	13.2	12.6	4.8	4.2	2.4	0.6
0.7	2.8	33.6	32.9	32.2	31.5	21.0	20.3	19.6	15.4	14.7	5.6	4.9	2.8	0.7
0.8	3.2	38.4	37.6	36.8	36.0	24.0	23.2	22.4	17.6	16.8	6.4	5.6	3.2	0.8
0.9	3.6	43.2	42.3	41.4	40.5	27.0	26.1	25.2	19.8	18.9	7.2	6.3	3.6	0.9

80

ANEXO VII



II Logaritmos de las funciones circulares.

2h / 8h	44° / 134°	sen / cos	d	cosec / sec	cos / sen	d	sec / cosec	tang / cotang	d	cotang / tang	sen²½	d		
56m 0s	0	9.84 177	13	0.15 823	9.85 693	12	0.14 307	9.98 484	25	0.01 516	9.14 715	31	60	60
4	1	190	13	810	681	12	319	509	25	491	746	32	59	56
8	2	203	13	797	669	12	331	534	26	466	778	31	58	52
12	3	216	13	784	657	12	343	560	25	440	809	31	57	48
16	4	229	13	771	645	13	355	585	25	415	840	31	56	44
20	5	242	13	758	632	12	368	610	25	390	871	31	55	40
24	6	255	14	745	620	12	380	635	26	365	902	32	54	36
28	7	269	13	731	608	12	392	661	25	339	934	31	53	32
32	8	282	13	718	596	13	404	686	25	314	965	31	52	28
36	9	295	13	705	583	12	417	711	26	289	9.14 996	31	51	24
40	10	9.84 308	13	0.15 692	9.85 571	12	0.14 429	9.98 737	25	0.01 263	9.15 027	31	50	20
44	11	321	13	679	559	12	441	762	25	238	058	31	49	16
48	12	334	13	666	547	13	453	787	25	213	089	31	48	12
52	13	347	13	653	534	12	466	812	26	188	120	32	47	8
56	14	360	13	640	522	12	478	838	25	162	152	31	46	4
57 0	15	373	12	627	510	13	490	863	25	137	183	31	45	0 3
4	16	385	13	615	497	12	503	888	25	112	214	31	44	56
8	17	398	13	602	485	12	515	913	26	087	245	31	43	52
12	18	411	13	589	473	13	527	939	25	061	276	31	42	48
16	19	424	13	576	460	12	540	964	25	036	307	31	41	44
20	20	9.84 437	13	0.15 563	9.85 448	12	0.14 552	9.98 989	26	0.01 011	9.15 338	31	40	40
24	21	450	13	550	436	13	564	9.99 015	25	0.00 985	369	31	39	36
28	22	463	13	537	423	12	577	040	25	960	400	31	38	32
32	23	476	13	524	411	12	589	065	25	935	431	31	37	28
36	24	489	13	511	399	13	601	090	26	910	462	31	36	24
40	25	502	13	498	386	12	614	116	25	884	493	31	35	20
44	26	515	13	485	374	13	626	141	25	859	524	31	34	16
48	27	528	12	472	361	12	639	166	25	834	555	30	33	12
52	28	540	13	460	349	12	651	191	26	809	585	31	32	8
56	29	553	13	447	337	13	663	217	25	783	616	31	31	4
58 0	30	9.84 566	13	0.15 434	9.85 324	12	0.14 676	9.99 242	25	0.00 758	9.15 647	31	30	0 2
4	31	579	13	421	312	13	688	267	25	733	678	31	29	56
8	32	592	13	408	299	12	701	293	26	707	709	31	28	52
12	33	605	13	395	287	13	713	318	25	682	740	31	27	48
16	34	618	12	382	274	12	726	343	25	657	771	31	26	44
20	35	630	13	370	262	12	738	368	26	632	802	30	25	40
24	36	643	13	357	250	13	750	394	25	606	832	31	24	36
28	37	656	13	344	237	12	763	419	25	581	863	31	23	32
32	38	669	13	331	225	13	775	444	25	556	894	31	22	28
36	39	682	12	318	212	12	788	469	26	531	925	30	21	24
40	40	9.84 694	13	0.15 306	9.85 200	13	0.14 800	9.99 495	25	0.00 505	9.15 955	31	20	20
44	41	707	13	293	187	12	813	520	25	480	9.15 986	31	19	16
48	42	720	13	280	175	13	825	545	25	455	9.16 017	31	18	12
52	43	733	12	267	162	12	838	570	26	430	048	30	17	8
56	44	745	13	255	150	13	850	596	25	404	078	31	16	4
59 0	45	758	13	242	137	12	863	621	25	379	109	31	15	0 1
4	46	771	13	229	125	13	875	646	26	354	140	30	14	56
8	47	784	12	216	112	12	888	672	25	328	170	31	13	52
12	48	796	13	204	100	13	900	697	25	303	201	31	12	48
16	49	809	13	191	087	13	913	722	25	278	232	30	11	44
20	50	9.84 822	13	0.15 178	9.85 074	12	0.14 926	9.99 747	26	0.00 253	9.16 262	31	10	40
24	51	835	12	165	062	13	938	773	25	227	293	31	9	36
28	52	847	13	153	049	12	951	798	25	202	324	30	8	32
32	53	860	13	140	037	13	963	823	25	177	354	31	7	28
36	54	873	12	127	024	12	976	848	26	152	385	30	6	24
40	55	885	13	115	9.85 012	13	0.14 988	874	25	126	415	31	5	20
44	56	898	13	102	9.84 999	13	0.15 001	899	25	101	446	30	4	16
48	57	911	12	089	986	12	014	924	25	076	476	31	3	12
52	58	923	13	077	974	13	026	949	25	051	507	30	2	8
56	59	936	13	064	961	12	039	9.99 975	26	025	537	31	1	4
60	60	9.84 949		0.15 051	9.84 949		0.15 051	10.00000	25	0.00 000	9.16 568		0	0s 0m
		sen / cos	d	cosec / sec	cos / sen	d	sec / cosec	tang / cotang	d	cotang / tang	cos²½	d	135° / 45°	9h / 3h

'	s	32	31	30	26	25	14	13	12	s	'
0.1	0.4	3.2	3.1	3.0	2.6	2.5	1.4	1.3	1.2	0.4	0.1
0.2	0.8	6.4	6.2	6.0	5.2	5.0	2.8	2.6	2.4	0.8	0.2
0.3	1.2	9.6	9.3	9.0	7.8	7.5	4.2	3.9	3.6	1.2	0.3
0.4	1.6	12.8	12.4	12.0	10.4	10.0	5.6	5.2	4.8	1.6	0.4
0.5	2.0	16.0	15.5	15.0	13.0	12.5	7.0	6.5	6.0	2.0	0.5
0.6	2.4	19.2	18.6	18.0	15.6	15.0	8.4	7.8	7.2	2.4	0.6
0.7	2.8	22.4	21.7	21.0	18.2	17.5	9.8	9.1	8.4	2.8	0.7
0.8	3.2	25.6	24.8	24.0	20.8	20.0	11.2	10.4	9.6	3.2	0.8
0.9	3.6	28.8	27.9	27.0	23.4	22.5	12.6	11.7	10.8	3.6	0.9

108

ANEXO VIII

I

Logaritmos de los números.

C.ª = 8			0"	1"	2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"	9"
	C.ª = 2		0".0	0".1	0".2	0".3	0".4	0".5	0".6	0".7	0".8	0".9
1°	6'	N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0' 0"	0"	360	55 630	642	654	666	678	691	703	715	727	739
10	1	361	751	763	775	787	799	811	823	835	847	859
20	2	362	871	883	895	907	919	931	943	955	967	979
30	3	363	991	*003	*015	*027	*038	*050	*062	*074	*086	*098
40	4	364	56 110	122	134	146	158	170	182	194	205	217
50	5	365	229	241	253	265	277	289	301	312	324	336
1' 0"	6	366	348	360	372	384	396	407	419	431	443	455
10	7	367	467	478	490	502	514	526	538	549	561	573
20	8	368	585	597	608	620	632	644	656	667	679	691
30	9	369	703	714	726	738	750	761	773	785	797	808
40	10"	370	820	832	844	855	867	879	891	902	914	926
50	11	371	937	949	961	972	984	996	*008	*019	*031	*043
2' 0"	12	372	57 054	066	078	089	101	113	124	136	148	159
10	13	373	171	183	194	206	217	229	241	252	264	276
20	14	374	287	299	310	322	334	345	357	368	380	392
30	15	375	403	415	426	438	449	461	473	484	496	507
40	16	376	519	530	542	553	565	576	588	600	611	623
50	17	377	634	646	657	669	680	692	703	715	726	738
3' 0"	18	378	749	761	772	784	795	807	818	830	841	852
10	19	379	864	875	887	898	910	921	933	944	955	967
20	20"	380	978	990	*001	*013	*024	*035	*047	*058	*070	*081
30	21	381	58 092	104	115	127	138	149	161	172	184	195
40	22	382	206	218	229	240	252	263	274	286	297	309
50	23	383	320	331	343	354	365	377	388	399	410	422
4' 0"	24	384	433	444	456	467	478	490	501	512	524	535
10	25	385	546	557	569	580	591	602	614	625	636	647
20	26	386	659	670	681	692	704	715	726	737	749	760
30	27	387	771	782	794	805	816	827	838	850	861	872
40	28	388	883	894	906	917	928	939	950	961	973	984
50	29	389	995	*006	*017	*028	*040	*051	*062	*073	*084	*095
5' 0"	30"	390	59 106	118	129	140	151	162	173	184	195	207
10	31	391	218	229	240	251	262	273	284	295	306	318
20	32	392	329	340	351	362	373	384	395	406	417	428
30	33	393	439	450	461	472	483	494	506	517	528	539
40	34	394	550	561	572	583	594	605	616	627	638	649
50	35	395	660	671	682	693	704	715	726	737	748	759
6' 0"	36	396	770	780	791	802	813	824	835	846	857	868
10	37	397	879	890	901	912	923	934	945	956	966	977
20	38	398	988	999	*010	*021	*032	*043	*054	*065	*076	*086
30	39	399	60 097	108	119	130	141	152	163	173	184	195
40	40"	400	206	217	228	239	249	260	271	282	293	304
50	41	401	314	325	336	347	358	369	379	390	401	412
7' 0"	42	402	423	433	444	455	466	477	487	498	509	520
10	43	403	531	541	552	563	574	584	595	606	617	627
20	44	404	638	649	660	670	681	692	703	713	724	735
30	45	405	746	756	767	778	788	799	810	821	831	842
40	46	406	853	863	874	885	895	906	917	927	938	949
50	47	407	959	970	981	991	*002	*013	*023	*034	*045	*055
8' 0"	48	408	61 066	077	087	098	109	119	130	140	151	162
10	49	409	172	183	194	204	215	225	236	247	257	268
20	50"	410	278	289	300	310	321	331	342	352	363	374
30	51	411	384	395	405	416	426	437	448	458	469	479
40	52	412	490	500	511	521	532	542	553	563	574	584
50	53	413	595	606	616	627	637	648	658	669	679	690
9' 0"	54	414	700	711	721	731	742	752	763	773	784	794
10	55	415	805	815	826	836	847	857	868	878	888	899
20	56	416	909	920	930	941	951	962	972	982	993	*003
30	57	417	62 014	024	034	045	055	066	076	086	097	107
40	58	418	118	128	138	149	159	170	180	190	201	211
50	59	419	221	232	242	252	263	273	284	294	304	315
10' 0"	60"	420	325	335	346	356	366	377	387	397	408	418
		N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	C.ª = 2		0".0	0".1	0".2	0".3	0".4	0".5	0".6	0".7	0".8	0".9
C.ª = 8			0"	1"	2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"	9"

P. P.

	13
1	1.3
2	2.6
3	3.9
4	5.2
5	6.5
6	7.8
7	9.1
8	10.4
9	11.7

	12
1	1.2
2	2.4
3	3.6
4	4.8
5	6.0
6	7.2
7	8.4
8	9.6
9	10.8

	11
1	1.1
2	2.2
3	3.3
4	4.4
5	5.5
6	6.6
7	7.7
8	8.8
9	9.9

	10
1	1.0
2	2.0
3	3.0
4	4.0
5	5.0
6	6.0
7	7.0
8	8.0
9	9.0

Log sen a = S + log a''

° ′ ″	S. 4.685	T. 4 685	Log sen	Log tang
0— 6— 0	57 5	57 5	7.24188	7.24188
0— 7— 0	57 5	57 5	7 30882	7.30882
1— 0— 0	55 3	61 9	8.24186	8.24192
1— 2—30	55 1	62 3	8.25958	8.25965
1— 5— 0	54 9	62 7	8.27661	8.27669
1— 7—30	54 7	63 1	8 29300	8.29309
1—10— 0	54 5	63 5	8.30879	8.30888

Log tang a = T + log a''

8

ANEXO IX

II **Logaritmos de las funciones circulares.**

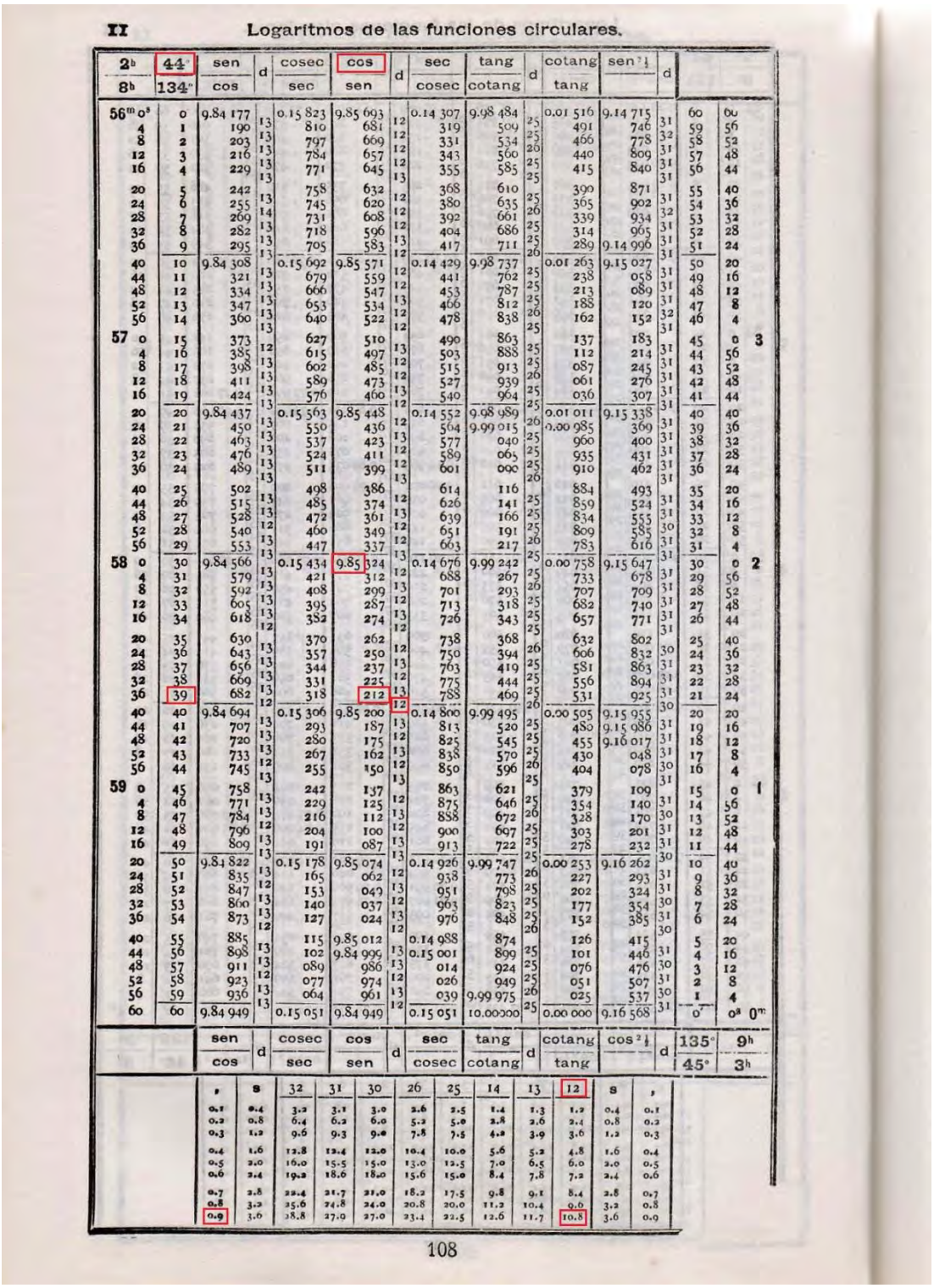
2h / 8h	30° / 120°	sen / cos	d	cosec / sec	cos / sen	d	sec / cosec	tang / cotang	d	cotang / tang	sen ² ½	d		
0m 0s	0'	9.69 897	22	0.30 103	9.93 753	7	0.06 247	9.76 144	29	0.23 856	8.82 599	47	60	60
4	1	919	22	081	746	8	254	173	29	827	646	47	59	56
8	2	941	22	059	738	7	262	202	29	798	693	47	58	52
12	3	963	22	037	731	7	269	231	29	769	741	48	57	48
16	4	9.69 984	21	0.30 016	724	7	276	261	30	739	788	47	56	44
20	5	9.70 006	22	0.29 994	717	8	283	290	29	710	835	47	55	40
24	6	028	22	972	709	7	291	319	29	681	882	47	54	36
28	7	050	22	950	702	7	298	348	29	652	929	47	53	32
32	8	072	21	928	695	8	305	377	29	623	8.82 976	46	52	28
36	9	093	22	907	687	7	313	406	29	594	8.83 022	47	51	24
40	10	9.70 115	22	0.29 885	9.93 680	7	0.06 320	9.76 435	29	0.23 565	8.83 069	47	50	20
44	11	137	22	863	673	8	327	464	29	536	116	47	49	16
48	12	159	21	841	665	7	335	493	29	507	163	47	48	12
52	13	180	22	820	658	8	342	522	29	478	210	47	47	8
56	14	202	22	798	650	7	350	551	29	449	257	46	46	4
1 0	15	224	22	776	643	7	357	580	29	420	303	47	45	0 59
4	16	245	21	755	635	8	364	609	30	391	350	47	44	56
8	17	267	22	733	628	7	372	639	29	361	397	46	43	52
12	18	288	21	712	621	7	379	668	29	332	443	47	42	48
16	19	310	22	690	614	8	386	697	28	303	490	47	41	44
20	20	9.70 332	21	0.29 668	9.93 606	7	0.06 394	9.76 725	29	0.23 275	8.83 537	46	40	40
24	21	353	22	647	599	8	401	754	29	246	583	47	39	36
28	22	375	21	625	591	7	409	783	29	217	630	46	38	32
32	23	396	22	604	584	7	416	812	29	188	676	47	37	28
36	24	418	21	582	577	8	423	841	29	159	723	46	36	24
40	25	439	22	561	569	7	431	870	29	130	769	47	35	20
44	26	461	21	539	562	8	438	899	29	101	816	46	34	16
48	27	482	22	518	554	7	446	928	29	072	862	47	33	12
52	28	504	21	496	547	8	453	957	29	043	909	46	32	8
56	29	525	22	475	539	7	461	9.76 986	29	0.23 014	8.83 955	46	31	4
2 0	30	9.70 547	21	0.29 453	9.93 532	7	0.06 468	9.77 015	29	0.22 985	8.84 001	47	30	0 58
4	31	568	22	432	525	8	475	044	29	956	048	46	29	56
8	32	590	21	410	517	7	483	073	28	927	094	46	28	52
12	33	611	22	389	510	8	490	101	29	899	140	47	27	48
16	34	633	21	367	502	7	498	130	29	870	187	46	26	44
20	35	654	21	346	495	8	505	159	29	841	233	46	25	40
24	36	675	22	325	487	7	513	188	29	812	279	46	24	36
28	37	697	21	303	480	8	520	217	29	783	325	46	23	32
32	38	718	21	282	472	7	528	246	28	754	371	46	22	28
36	39	739	22	261	465	8	535	274	29	726	417	47	21	24
40	40	9.70 761	21	0.29 239	9.93 457	7	0.06 543	9.77 303	29	0.22 697	8.84 464	46	20	20
44	41	782	21	218	450	8	550	332	29	668	510	46	19	16
48	42	803	21	197	442	7	558	361	29	639	556	46	18	12
52	43	824	22	176	435	8	565	390	28	610	602	46	17	8
56	44	846	21	154	427	7	573	418	29	582	648	46	16	4
3 0	45	867	21	133	420	8	580	447	29	553	694	45	15	0 57
4	46	888	21	112	412	7	588	476	29	524	739	46	14	56
8	47	909	22	091	405	8	595	505	28	495	785	46	13	52
12	48	931	21	069	397	7	603	533	29	467	831	46	12	48
16	49	952	21	048	390	8	610	562	29	438	877	46	11	44
20	50	9.70 973	21	0.29 027	9.93 382	7	0.06 618	9.77 591	28	0.22 409	8.84 923	46	10	40
24	51	9.70 994	21	0.29 006	375	8	625	619	29	381	8.84 969	46	9	36
28	52	9.71 015	21	0.28 985	367	7	633	648	29	352	8.85 015	45	8	32
32	53	036	22	964	360	8	640	677	29	323	060	46	7	28
36	54	058	21	942	352	8	648	706	28	294	106	46	6	24
40	55	079	21	921	344	7	656	734	29	266	152	45	5	20
44	56	100	21	900	337	8	663	763	28	237	197	46	4	16
48	57	121	21	879	329	7	671	791	29	209	243	46	3	12
52	58	142	21	858	322	8	678	820	29	180	289	45	2	8
56	59	163	21	837	314	7	686	849	29	151	334	46	1	4
60	60	9.71 184	21	0.28 816	9.93 307		0.06 693	9.77 877	28	0.22 123	8.85 380		0'	0' 56m

sen / cos	d	cosec / sec	cos / sen	d	sec / cosec	tang / cotang	d	cotang / tang	cos ² ½	d	149° / 59°	9h / 3h

'	s	48	47	46	45	30	29	28	22	21	8	7	s	'
0.1	0.4	4.8	4.7	4.6	4.5	3.0	2.9	2.8	2.2	2.1	0.8	0.7	0.4	0.1
0.2	0.8	9.6	9.4	9.2	9.0	6.0	5.8	5.6	4.4	4.2	1.6	1.4	0.8	0.2
0.3	1.2	14.4	14.1	13.8	13.5	9.0	8.7	8.4	6.6	6.3	2.4	2.1	1.2	0.3
0.4	1.6	19.2	18.8	18.4	18.0	12.0	11.6	11.2	8.8	8.4	3.2	2.8	1.6	0.4
0.5	2.0	24.0	23.5	23.0	22.5	15.0	14.5	14.0	11.0	10.5	4.0	3.5	2.0	0.5
0.6	2.4	28.8	28.2	27.6	27.0	18.0	17.4	16.8	13.2	12.6	4.8	4.2	2.4	0.6
0.7	2.8	33.6	32.9	32.2	31.5	21.0	20.3	19.6	15.4	14.7	5.6	4.9	2.8	0.7
0.8	3.2	38.4	37.6	36.8	36.0	24.0	23.2	22.4	17.6	16.8	6.4	5.6	3.2	0.8
0.9	3.6	43.2	42.3	41.4	40.5	27.0	26.1	25.2	19.8	18.9	7.2	6.3	3.6	0.9

80

ANEXO X



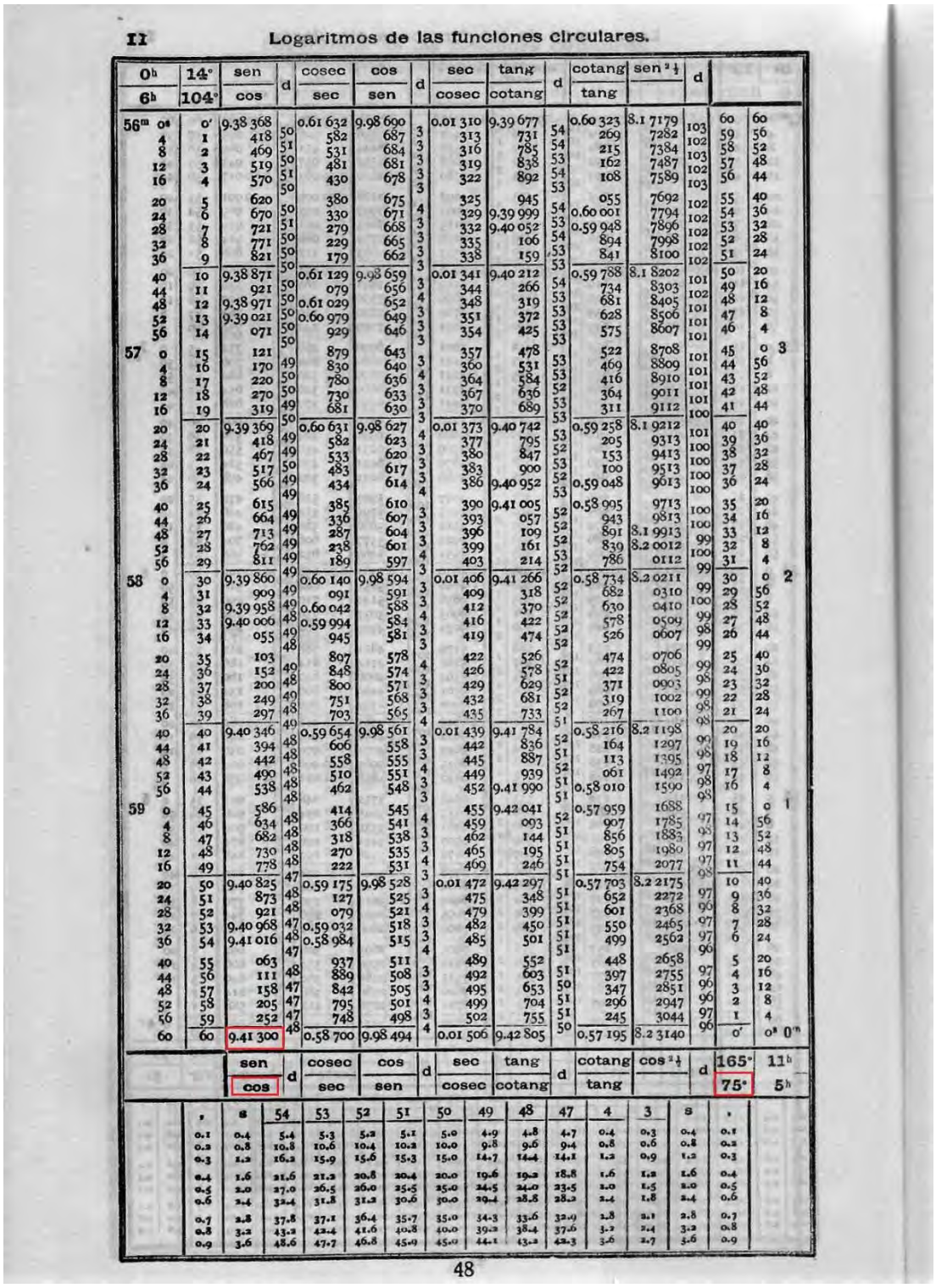
II Logaritmos de las funciones circulares.

2h / 8h	44° / 134°	sen / cos	d	cosec / sec	cos / sen	d	sec / cosec	tang / cotang	d	cotang / tang	sen²½	d		
56m 0s	0	9.84 177	13	0.15 823	9.85 693	12	0.14 307	9.98 484	25	0.01 516	9.14 715	31	60	60
4	1	190	13	810	681	12	319	509	25	491	746	32	59	56
8	2	203	13	797	669	12	331	534	26	466	778	31	58	52
12	3	216	13	784	657	12	343	560	25	440	809	31	57	48
16	4	229	13	771	645	13	355	585	25	415	840	31	56	44
20	5	242	13	758	632	12	368	610	25	390	871	31	55	40
24	6	255	14	745	620	12	380	635	26	365	902	32	54	36
28	7	269	13	731	608	12	392	661	25	339	934	31	53	32
32	8	282	13	718	596	13	404	686	25	314	965	31	52	28
36	9	295	13	705	583	12	417	711	26	289	9.14 996	31	51	24
40	10	9.84 308	13	0.15 692	9.85 571	12	0.14 429	9.98 737	25	0.01 263	9.15 027	31	50	20
44	11	321	13	679	559	12	441	762	25	238	058	31	49	16
48	12	334	13	666	547	13	453	787	25	213	089	31	48	12
52	13	347	13	653	534	12	466	812	26	188	120	32	47	8
56	14	360	13	640	522	12	478	838	25	162	152	31	46	4
57 0	15	373	12	627	510	13	490	863	25	137	183	31	45	0 3
4	16	385	13	615	497	12	503	888	25	112	214	31	44	56
8	17	398	13	602	485	12	515	913	26	087	245	31	43	52
12	18	411	13	589	473	13	527	939	25	061	276	31	42	48
16	19	424	13	576	460	12	540	964	25	036	307	31	41	44
20	20	9.84 437	13	0.15 563	9.85 448	12	0.14 552	9.98 989	26	0.01 011	9.15 338	31	40	40
24	21	450	13	550	436	13	564	9.99 015	25	0.00 985	369	31	39	36
28	22	463	13	537	423	12	577	040	25	960	400	31	38	32
32	23	476	13	524	411	12	589	065	25	935	431	31	37	28
36	24	489	13	511	399	13	601	090	26	910	462	31	36	24
40	25	502	13	498	386	12	614	116	25	884	493	31	35	20
44	26	515	13	485	374	13	626	141	25	859	524	31	34	16
48	27	528	12	472	361	12	639	166	25	834	555	30	33	12
52	28	540	13	460	349	12	651	191	26	809	585	31	32	8
56	29	553	13	447	337	13	663	217	25	783	616	31	31	4
58 0	30	9.84 566	13	0.15 434	9.85 324	12	0.14 676	9.99 242	25	0.00 758	9.15 647	31	30	0 2
4	31	579	13	421	312	13	688	267	26	733	678	31	29	56
8	32	592	13	408	299	12	701	293	25	707	709	31	28	52
12	33	605	13	395	287	13	713	318	25	682	740	31	27	48
16	34	618	12	382	274	12	726	343	25	657	771	31	26	44
20	35	630	13	370	262	12	738	368	26	632	802	30	25	40
24	36	643	13	357	250	13	750	394	25	606	832	31	24	36
28	37	656	13	344	237	12	763	419	25	581	863	31	23	32
32	38	669	13	331	225	13	775	444	25	556	894	31	22	28
36	39	682	12	318	212	12	788	469	26	531	925	30	21	24
40	40	9.84 694	13	0.15 306	9.85 200	13	0.14 800	9.99 495	25	0.00 505	9.15 955	31	20	20
44	41	707	13	293	187	12	813	520	25	480	9.15 986	31	19	16
48	42	720	13	280	175	13	825	545	25	455	9.16 017	31	18	12
52	43	733	12	267	162	12	838	570	26	430	048	30	17	8
56	44	745	13	255	150	13	850	596	25	404	078	31	16	4
59 0	45	758	13	242	137	12	863	621	25	379	109	31	15	0 1
4	46	771	13	229	125	13	875	646	26	354	140	30	14	56
8	47	784	12	216	112	12	888	672	25	328	170	31	13	52
12	48	796	13	204	100	13	900	697	25	303	201	31	12	48
16	49	809	13	191	087	13	913	722	25	278	232	30	11	44
20	50	9.84 822	13	0.15 178	9.85 074	12	0.14 926	9.99 747	26	0.00 253	9.16 262	31	10	40
24	51	835	12	165	062	13	938	773	25	227	293	31	9	36
28	52	847	13	153	049	12	951	798	25	202	324	30	8	32
32	53	860	13	140	037	13	963	823	25	177	354	31	7	28
36	54	873	12	127	024	12	976	848	26	152	385	30	6	24
40	55	885	13	115	9.85 012	13	0.14 988	874	25	126	415	31	5	20
44	56	898	13	102	9.84 999	13	0.15 001	899	25	101	446	30	4	16
48	57	911	12	089	986	12	014	924	25	076	476	31	3	12
52	58	923	13	077	974	13	026	949	26	051	507	30	2	8
56	59	936	13	064	961	12	039	9.99 975	25	025	537	31	1	4
60	60	9.84 949		0.15 051	9.84 949		0.15 051	10.00000		0.00 000	9.16 568		0'	0s 0m
		sen / cos	d	cosec / sec	cos / sen	d	sec / cosec	tang / cotang	d	cotang / tang	cos²½	d	135° / 45°	9h / 3h

'	s	32	31	30	26	25	14	13	12	s	'
0.1	0.4	3.2	3.1	3.0	2.6	2.5	1.4	1.3	1.2	0.4	0.1
0.2	0.8	6.4	6.2	6.0	5.2	5.0	2.8	2.6	2.4	0.8	0.2
0.3	1.2	9.6	9.3	9.0	7.8	7.5	4.2	3.9	3.6	1.2	0.3
0.4	1.6	12.8	12.4	12.0	10.4	10.0	5.6	5.2	4.8	1.6	0.4
0.5	2.0	16.0	15.5	15.0	13.0	12.5	7.0	6.5	6.0	2.0	0.5
0.6	2.4	19.2	18.6	18.0	15.6	15.0	8.4	7.8	7.2	2.4	0.6
0.7	2.8	22.4	21.7	21.0	18.2	17.5	9.8	9.1	8.4	2.8	0.7
0.8	3.2	25.6	24.8	24.0	20.8	20.0	11.2	10.4	9.6	3.2	0.8
0.9	3.6	28.8	27.0	27.0	23.4	22.5	12.6	11.7	10.8	3.6	0.9

108

ANEXO XI



II Logaritmos de las funciones circulares.

0h / 6h	14° / 104°	sen / cos	d	cosec / sec	cos / sen	d	sec / cosec	tang / cotang	d	cotang / tang	sen² ½	d		
56m 0s	0'	9.38 368	50	0.61 632	9.98 690	3	0.01 310	9.39 677	54	0.60 323	8.1 7179	103	60	60
4	1	418	51	582	687	3	313	731	54	269	7282	102	59	56
8	2	469	50	531	684	3	316	785	53	215	7384	103	58	52
12	3	519	51	481	681	3	319	838	54	162	7487	102	57	48
16	4	570	50	430	678	3	322	892	53	108	7589	103	56	44
20	5	620	50	380	675	4	325	945	54	055	7692	102	55	40
24	6	670	51	330	671	3	329	9.39 999	53	0.60 001	7794	102	54	36
28	7	721	50	279	668	3	332	9.40 052	54	0.59 948	7896	102	53	32
32	8	771	50	229	665	3	335	106	53	894	7998	102	52	28
36	9	821	50	179	662	3	338	159	53	841	8100	102	51	24
40	10	9.38 871	50	0.61 129	9.98 659	3	0.01 341	9.40 212	54	0.59 788	8.1 8202	101	50	20
44	11	921	50	079	656	4	344	266	53	734	8303	102	49	16
48	12	9.38 971	50	0.61 029	652	3	348	319	53	681	8405	101	48	12
52	13	9.39 021	50	0.60 979	649	3	351	372	53	628	8506	101	47	8
56	14	071	50	929	646	3	354	425	53	575	8607	101	46	4
57 0	15	121	49	879	643	3	357	478	53	522	8708	101	45	0 3
4	16	170	50	830	640	4	360	531	53	469	8809	101	44	56
8	17	220	50	780	636	3	364	584	52	416	8910	101	43	52
12	18	270	49	730	633	3	367	636	53	364	9011	101	42	48
16	19	319	50	681	630	3	370	689	53	311	9112	100	41	44
20	20	9.39 369	49	0.60 631	9.98 627	4	0.01 373	9.40 742	53	0.59 258	8.1 9212	101	40	40
24	21	418	49	582	623	3	377	795	52	205	9313	100	39	36
28	22	467	50	533	620	3	380	847	53	153	9413	100	38	32
32	23	517	49	483	617	3	383	900	52	100	9513	100	37	28
36	24	566	49	434	614	4	386	9.40 952	53	0.59 048	9613	100	36	24
40	25	615	49	385	610	3	390	9.41 005	52	0.58 995	9713	100	35	20
44	26	664	49	336	607	3	393	057	52	943	9813	100	34	16
48	27	713	49	287	604	3	396	109	52	891	8.1 9913	99	33	12
52	28	762	49	238	601	4	399	161	53	839	8.2 0012	100	32	8
56	29	811	49	189	597	3	403	214	52	786	0112	99	31	4
58 0	30	9.39 860	49	0.60 140	9.98 594	3	0.01 406	9.41 266	52	0.58 734	8.2 0211	99	30	0 2
4	31	909	49	091	591	3	409	318	52	682	0310	100	29	56
8	32	9.39 958	49	0.60 042	588	4	412	370	52	630	0410	99	28	52
12	33	9.40 006	48	0.59 994	584	3	416	422	52	578	0509	98	27	48
16	34	055	49	945	581	3	419	474	52	526	0607	99	26	44
20	35	103	48	807	578	4	422	526	52	474	0706	99	25	40
24	36	152	49	848	574	3	426	578	51	422	0805	98	24	36
28	37	200	48	800	571	3	429	629	52	371	0903	99	23	32
32	38	249	49	751	568	3	432	681	52	319	1002	98	22	28
36	39	297	48	703	565	4	435	733	51	267	1100	98	21	24
40	40	9.40 346	49	0.59 654	9.98 561	3	0.01 439	9.41 784	52	0.58 216	8.2 1198	99	20	20
44	41	394	48	606	558	3	442	836	51	164	1297	98	19	16
48	42	442	48	558	555	4	445	887	52	113	1395	97	18	12
52	43	490	48	510	551	3	449	939	51	061	1492	98	17	8
56	44	538	48	462	548	3	452	9.41 990	51	0.58 010	1590	98	16	4
59 0	45	586	48	414	545	4	455	9.42 041	52	0.57 959	1688	97	15	0 1
4	46	634	48	366	541	3	459	093	51	907	1785	98	14	56
8	47	682	48	318	538	3	462	144	51	856	1883	97	13	52
12	48	730	48	270	535	4	465	195	51	805	1980	97	12	48
16	49	778	48	222	531	3	469	246	51	754	2077	98	11	44
20	50	9.40 825	47	0.59 175	9.98 528	3	0.01 472	9.42 297	51	0.57 703	8.2 2175	97	10	40
24	51	873	48	127	525	4	475	348	51	652	2272	96	9	36
28	52	921	48	079	521	3	479	399	51	601	2368	97	8	32
32	53	9.40 968	47	0.59 032	518	3	482	450	51	550	2465	97	7	28
36	54	9.41 016	48	0.58 984	515	4	485	501	51	499	2562	96	6	24
40	55	063	47	937	511	3	489	552	51	448	2658	97	5	20
44	56	111	48	889	508	3	492	603	50	397	2755	96	4	16
48	57	158	47	842	505	4	495	653	51	347	2851	96	3	12
52	58	205	47	795	501	3	499	704	51	296	2947	97	2	8
56	59	252	47	748	498	4	502	755	50	245	3044	96	1	4
60	60	9.41 300	48	0.58 700	9.98 494		0.01 506	9.42 805		0.57 195	8.2 3140		0'	0s 0m
		sen / cos	d	cosec / sec	cos / sen	d	sec / cosec	tang / cotang	d	cotang / tang	cos² ½	d	165° / 75°	11h / 5h

'	s	54	53	52	51	50	49	48	47	4	3	s	'
0.1	0.4	5.4	5.3	5.2	5.1	5.0	4.9	4.8	4.7	0.4	0.3	0.4	0.1
0.2	0.8	10.8	10.6	10.4	10.2	10.0	9.8	9.6	9.4	0.8	0.6	0.8	0.2
0.3	1.2	16.2	15.9	15.6	15.3	15.0	14.7	14.4	14.1	1.2	0.9	1.2	0.3
0.4	1.6	21.6	21.2	20.8	20.4	20.0	19.6	19.2	18.8	1.6	1.2	1.6	0.4
0.5	2.0	27.0	26.5	26.0	25.5	25.0	24.5	24.0	23.5	2.0	1.5	2.0	0.5
0.6	2.4	32.4	31.8	31.2	30.6	30.0	29.4	28.8	28.2	2.4	1.8	2.4	0.6
0.7	2.8	37.8	37.1	36.4	35.7	35.0	34.3	33.6	32.9	2.8	2.1	2.8	0.7
0.8	3.2	43.2	42.4	41.6	40.8	40.0	39.2	38.4	37.6	3.2	2.4	3.2	0.8
0.9	3.6	48.6	47.7	46.8	45.9	45.0	44.1	43.2	42.3	3.6	2.7	3.6	0.9

48

ANEXO XII

I

Logaritmos de los números.

C.ª = 8			0ˢ	1ˢ	2ˢ	3ˢ	4ˢ	5ˢ	6ˢ	7ˢ	8ˢ	9ˢ
	C.ª = 2		0ˢ.0	0ˢ.1	0ˢ.2	0ˢ.3	0ˢ.4	0ˢ.5	0ˢ.6	0ˢ.7	0ˢ.8	0ˢ.9
0°	2′	N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20′ 0ˢ	0ˢ	120	07 918	954	990	*027	*063	*099	*135	*171	*207	*243
10	1	121	08 279	314	350	386	422	458	493	529	565	600
20	2	122	636	672	707	743	778	814	849	884	920	955
30	3	123	991	*026	*061	*096	*132	*167	*202	*237	*272	*307
40	4	124	09 342	377	412	447	482	517	552	587	621	656
50	5	125	691	726	760	795	830	864	899	934	968	*003
21′ 0ˢ	6	126	10 037	072	106	140	175	209	243	278	312	346
10	7	127	380	415	449	483	517	551	585	619	653	687
20	8	128	721	755	789	823	857	890	924	958	992	*025
30	9	129	11 059	093	126	160	193	227	261	294	327	361
40	10ˢ	130	394	428	461	494	528	561	594	628	661	694
50	11	131	727	760	793	826	860	893	926	959	992	*024
22′ 0ˢ	12	132	12 057	090	123	156	189	222	254	287	320	352
10	13	133	385	418	450	483	516	548	581	613	646	678
20	14	134	710	743	775	808	840	872	905	937	969	*001
30	15	135	13 033	066	098	130	162	194	226	258	290	322
40	16	136	354	386	418	450	481	513	545	577	609	640
50	17	137	672	704	735	767	799	830	862	893	925	956
23′ 0ˢ	18	138	988	*019	*051	*082	*114	*145	*176	*208	*239	*270
10	19	139	14 301	333	364	395	426	457	489	520	551	582
20	20ˢ	140	613	644	675	706	737	768	799	829	860	891
30	21	141	922	953	983	*014	*045	*076	*106	*137	*168	*198
40	22	142	15 229	259	290	320	351	381	412	442	473	503
50	23	143	534	564	594	625	655	685	715	746	776	806
24′ 0ˢ	24	144	836	866	897	927	957	987	*017	*047	*077	*107
10	25	145	16 137	167	197	227	256	286	316	346	376	406
20	26	146	435	465	495	524	554	584	613	643	673	702
30	27	147	732	761	791	820	850	879	909	938	967	997
40	28	148	17 026	056	085	114	143	173	202	231	260	289
50	29	149	319	348	377	406	435	464	493	522	551	580
25′ 0ˢ	30ˢ	150	609	638	667	696	725	754	782	811	840	869
10	31	151	898	926	955	984	*013	*041	*070	*099	*127	*156
20	32	152	18 184	213	241	270	298	327	355	384	412	441
30	33	153	469	498	526	554	583	611	639	667	696	724
40	34	154	752	780	808	837	865	893	921	949	977	*005
50	35	155	19 033	061	089	117	145	173	201	229	257	285
26′ 0ˢ	36	156	312	340	368	396	424	451	479	507	535	562
10	37	157	590	618	645	673	700	728	756	783	811	838
20	38	158	866	893	921	948	976	*003	*030	*058	*085	*112
30	39	159	20 140	167	194	222	249	276	303	330	358	385
40	40ˢ	160	412	439	466	493	520	548	575	602	629	656
50	41	161	683	710	737	763	790	817	844	871	898	925
27′ 0ˢ	42	162	952	978	*005	*032	*059	*085	*112	*139	*165	*192
10	43	163	21 219	245	272	299	325	352	378	405	431	458
20	44	164	484	511	537	564	590	617	643	669	696	722
30	45	165	748	775	801	827	854	880	906	932	958	985
40	46	166	22 011	037	063	089	115	141	167	194	220	246
50	47	167	272	298	324	350	376	401	427	453	479	505
28′ 0ˢ	48	168	531	557	583	608	634	660	686	712	737	763
10	49	169	789	814	840	866	891	917	943	968	994	*019
20	50ˢ	170	23 045	070	096	121	147	172	198	223	249	274
30	51	171	300	325	350	376	401	426	452	477	502	528
40	52	172	553	578	603	629	654	679	704	729	754	779
50	53	173	805	830	855	880	905	930	955	980	*005	*030
29′ 0ˢ	54	174	24 055	080	105	130	155	180	204	229	254	279
10	55	175	304	329	353	378	403	428	452	477	502	527
20	56	176	551	576	601	625	650	674	699	724	748	773
30	57	177	797	822	846	871	895	920	944	969	993	*018
40	58	178	25 042	066	091	115	139	164	188	212	237	261
50	59	179	285	310	334	358	382	406	431	455	479	503
30′ 0ˢ	60ˢ	180	527	551	575	600	624	648	672	696	720	744
		N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	C.ª = 2		0ˢ.0	0ˢ.1	0ˢ.2	0ˢ.3	0ˢ.4	0ˢ.5	0ˢ.6	0ˢ.7	0ˢ.8	0ˢ.9
C.ª = 8			0ˢ	1ˢ	2ˢ	3ˢ	4ˢ	5ˢ	6ˢ	7ˢ	8ˢ	9ˢ

P. P.

	37	36	35
1	3.7	3.6	3.5
2	7.4	7.2	7.0
3	11.1	10.8	10.5
4	14.8	14.4	14.0
5	18.5	18.0	17.5
6	22.2	21.6	21.0
7	25.9	25.2	24.5
8	29.6	28.8	28.0
9	33.3	32.4	31.5

	34	33	32
1	3.4	3.3	3.2
2	6.8	6.6	6.4
3	10.2	9.9	9.6
4	13.6	13.2	12.8
5	17.0	16.5	16.0
6	20.4	19.8	19.2
7	23.8	23.1	22.4
8	27.2	26.4	25.6
9	30.6	29.7	28.8

	31	30	29
1	3.1	3.0	2.9
2	6.2	6.0	5.8
3	9.3	9.0	8.7
4	12.4	12.0	11.6
5	15.5	15.0	14.5
6	18.6	18.0	17.4
7	21.7	21.0	20.3
8	24.8	24.0	23.2
9	27.9	27.0	26.1

	28	27	26
1	2.8	2.7	2.6
2	5.6	5.4	5.2
3	8.4	8.1	7.8
4	11.2	10.8	10.4
5	14.0	13.5	13.0
6	16.8	16.2	15.6
7	19.6	18.9	18.2
8	22.4	21.6	20.8
9	25.2	24.3	23.4

	25	24
1	2.5	2.4
2	5.0	4.8
3	7.5	7.2
4	10.0	9.6
5	12.5	12.0
6	15.0	14.4
7	17.5	16.8
8	20.0	19.2
9	22.5	21.6

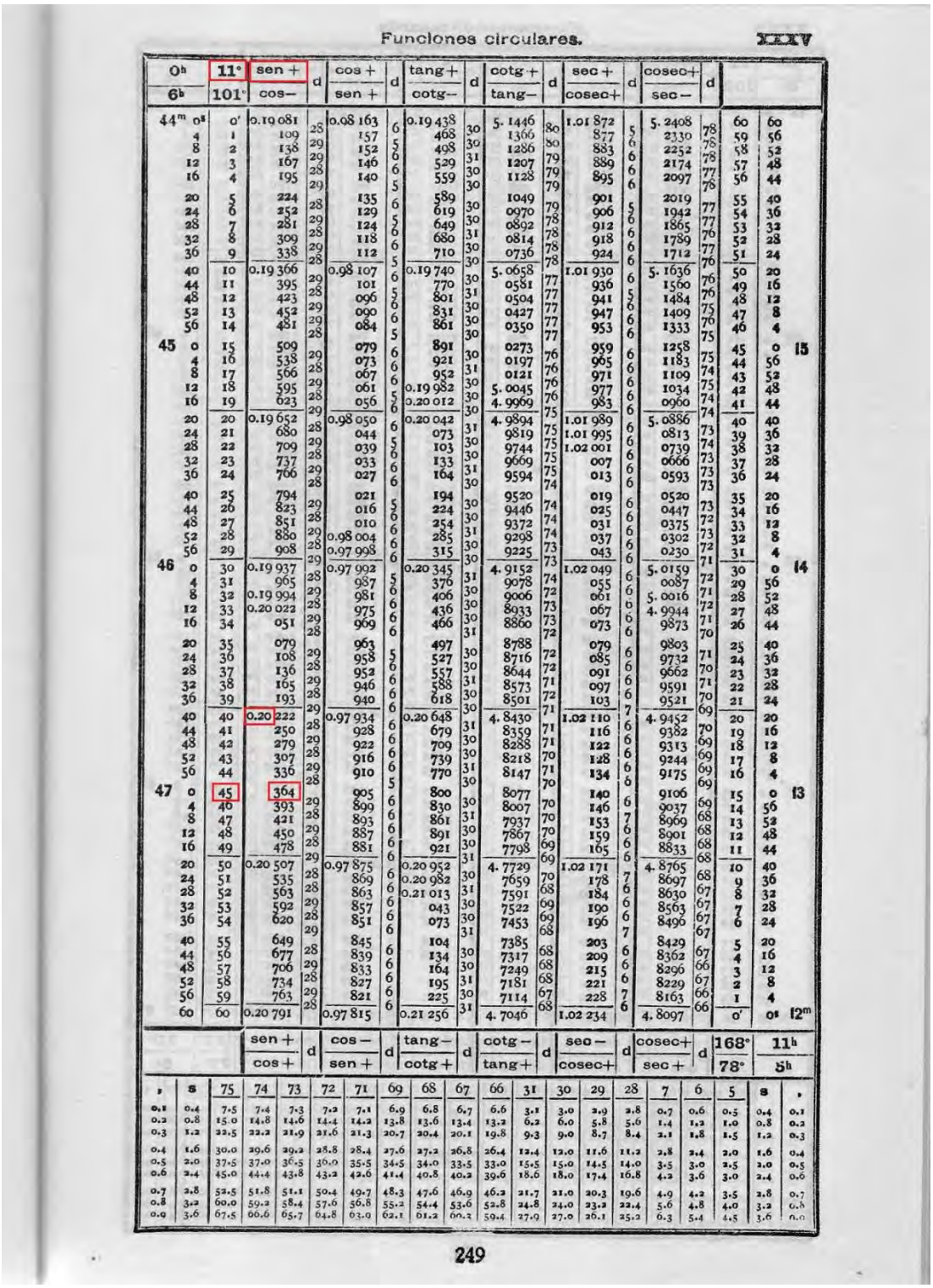
Log sen a = S + log a''

° ′ ″	S. 4.685	T. 4.685	Log sen	Log tang
0— 2— 0	57 5	57 5	6.76476	6.76476
0— 3— 0	57 5	57 5	6.94085	6.94085
0—20— 0	57 2	58 0	7.76475	7.76476
0—22—30	57 2	58 1	7.81591	7.81592
0—25— 0	57 1	58 3	7.86166	7.86167
0—27—30	57 0	58 4	7.90305	7.90307
0—30— 0	56 9	58 6	7.94084	7.94086

Log tang a = T + log a''

4

ANEXO XIII



Funciones circulares. XXXV

0h / 6h	11° / 101°	sen + / cos −	d	cos + / sen +	d	tang + / cotg −	d	cotg + / tang −	d	sec + / cosec +	d	cosec + / sec −	d		
44m 0s	0'	0.19 081	28	0.98 163	6	0.19 438	30	5. 1446	80	1.01 872	5	5. 2408	78	60	60
4	1	109	29	157	5	468	30	1366	80	877	6	2330	78	59	56
8	2	138	29	152	6	498	31	1286	79	883	6	2252	78	58	52
12	3	167	28	146	6	529	30	1207	79	889	6	2174	77	57	48
16	4	195	29	140	5	559	30	1128	79	895	6	2097	78	56	44
20	5	224	28	135	6	589	30	1049	79	901	5	2019	77	55	40
24	6	252	29	129	5	619	30	0970	78	906	6	1942	77	54	36
28	7	281	28	124	6	649	31	0892	78	912	6	1865	76	53	32
32	8	309	29	118	6	680	30	0814	78	918	6	1789	77	52	28
36	9	338	28	112	5	710	30	0736	78	924	6	1712	76	51	24
40	10	0.19 366	29	0.98 107	6	0.19 740	30	5. 0658	77	1.01 930	6	5. 1636	76	50	20
44	11	395	28	101	5	770	31	0581	77	936	5	1560	76	49	16
48	12	423	29	096	6	801	30	0504	77	941	6	1484	75	48	12
52	13	452	29	090	6	831	30	0427	77	947	6	1409	76	47	8
56	14	481	28	084	5	861	30	0350	77	953	6	1333	75	46	4
45 0	15	509	29	079	6	891	30	0273	76	959	6	1258	75	45	0 15
4	16	538	28	073	6	921	31	0197	76	965	6	1183	74	44	56
8	17	566	29	067	6	952	30	0121	76	971	6	1109	75	43	52
12	18	595	28	061	5	0.19 982	30	5. 0045	76	977	6	1034	74	42	48
16	19	623	29	056	6	0.20 012	30	4. 9969	75	983	6	0960	74	41	44
20	20	0.19 652	28	0.98 050	6	0.20 042	31	4. 9894	75	1.01 989	6	5. 0886	73	40	40
24	21	680	29	044	5	073	30	9819	75	1.01 995	6	0813	74	39	36
28	22	709	28	039	6	103	30	9744	75	1.02 001	6	0739	73	38	32
32	23	737	29	033	6	133	31	9669	75	007	6	0666	73	37	28
36	24	766	28	027	6	164	30	9594	74	013	6	0593	73	36	24
40	25	794	29	021	5	194	30	9520	74	019	6	0520	73	35	20
44	26	823	28	016	6	224	30	9446	74	025	6	0447	72	34	16
48	27	851	29	010	6	254	31	9372	74	031	6	0375	73	33	12
52	28	880	28	0.98 004	6	285	30	9298	73	037	6	0302	72	32	8
56	29	908	29	0.97 998	6	315	30	9225	73	043	6	0230	71	31	4
46 0	30	0.19 937	28	0.97 992	5	0.20 345	31	4. 9152	74	1.02 049	6	5. 0159	72	30	0 14
4	31	965	29	987	6	376	30	9078	72	055	6	0087	71	29	56
8	32	0.19 994	28	981	6	406	30	9006	73	061	6	5. 0016	72	28	52
12	33	0.20 022	29	975	6	436	30	8933	73	067	6	4. 9944	71	27	48
16	34	051	28	969	6	466	31	8860	72	073	6	9873	70	26	44
20	35	079	29	963	5	497	30	8788	72	079	6	9803	71	25	40
24	36	108	28	958	6	527	30	8716	72	085	6	9732	70	24	36
28	37	136	29	952	6	557	31	8644	71	091	6	9662	71	23	32
32	38	165	28	946	6	588	30	8573	72	097	6	9591	70	22	28
36	39	193	29	940	6	618	30	8501	71	103	7	9521	69	21	24
40	40	0.20 222	28	0.97 934	6	0.20 648	31	4. 8430	71	1.02 110	6	4. 9452	70	20	20
44	41	250	29	928	6	679	30	8359	71	116	6	9382	69	19	16
48	42	279	28	922	6	709	30	8288	70	122	6	9313	69	18	12
52	43	307	29	916	6	739	31	8218	71	128	6	9244	69	17	8
56	44	336	28	910	5	770	30	8147	70	134	6	9175	69	16	4
47 0	45	364	29	905	6	800	30	8077	70	140	6	9106	69	15	0 13
4	46	393	28	899	6	830	31	8007	70	146	7	9037	68	14	56
8	47	421	29	893	6	861	30	7937	70	153	6	8969	68	13	52
12	48	450	28	887	6	891	30	7867	69	159	6	8901	68	12	48
16	49	478	29	881	6	921	31	7798	69	165	6	8833	68	11	44
20	50	0.20 507	28	0.97 875	6	0.20 952	30	4. 7729	70	1.02 171	7	4. 8765	68	10	40
24	51	535	28	869	6	0.20 982	31	7659	68	178	6	8697	67	9	36
28	52	563	29	863	6	0.21 013	30	7591	69	184	6	8630	67	8	32
32	53	592	28	857	6	043	30	7522	69	190	7	8563	67	7	28
36	54	620	29	851	6	073	31	7453	68	196	6	8496	67	6	24
40	55	649	28	845	6	104	30	7385	68	203	6	8429	67	5	20
44	56	677	29	839	6	134	30	7317	68	209	6	8362	66	4	16
48	57	706	28	833	6	164	31	7249	68	215	6	8296	67	3	12
52	58	734	29	827	6	195	30	7181	67	221	7	8229	66	2	8
56	59	763	28	821	6	225	31	7114	68	228	6	8163	66	1	4
60	60	0.20 791		0.97 815		0.21 256		4. 7046		1.02 234		4. 8097		0'	0s 12m
		sen + / cos +	d	cos − / sen +	d	tang − / cotg +	d	cotg − / tang +	d	sec − / cosec +	d	cosec + / sec +	d	168° / 78°	11h / 5h

'	s	75	74	73	72	71	69	68	67	66	31	30	29	28	7	6	5	s	'
0.1	0.4	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1	6.9	6.8	6.7	6.6	3.1	3.0	2.9	2.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.1
0.2	0.8	15.0	14.8	14.6	14.4	14.2	13.8	13.6	13.4	13.2	6.2	6.0	5.8	5.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.2
0.3	1.2	22.5	22.2	21.9	21.6	21.3	20.7	20.4	20.1	19.8	9.3	9.0	8.7	8.4	2.1	1.8	1.5	1.2	0.3
0.4	1.6	30.0	29.6	29.2	28.8	28.4	27.6	27.2	26.8	26.4	12.4	12.0	11.6	11.2	2.8	2.4	2.0	1.6	0.4
0.5	2.0	37.5	37.0	36.5	36.0	35.5	34.5	34.0	33.5	33.0	15.5	15.0	14.5	14.0	3.5	3.0	2.5	2.0	0.5
0.6	2.4	45.0	44.4	43.8	43.2	42.6	41.4	40.8	40.2	39.6	18.6	18.0	17.4	16.8	4.2	3.6	3.0	2.4	0.6
0.7	2.8	52.5	51.8	51.1	50.4	49.7	48.3	47.6	46.9	46.2	21.7	21.0	20.3	19.6	4.9	4.2	3.5	2.8	0.7
0.8	3.2	60.0	59.2	58.4	57.6	56.8	55.2	54.4	53.6	52.8	24.8	24.0	23.2	22.4	5.6	4.8	4.0	3.2	0.8
0.9	3.6	67.5	66.6	65.7	64.8	63.9	62.1	61.2	60.3	59.4	27.9	27.0	26.1	25.2	6.3	5.4	4.5	3.6	0.9

249

ANEXO XIV

376 ESTRELLAS, 2015

POSICIONES APARENTES

A.S.

N°	NOMBRE		Mag		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agt	Sep	Oct	Nov	Dic
				°	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′
1 -	α And.	*Alpheratz*	2.1	**357**	42.4	42.5	42.6	42.5	42.3	42.1	41.8	41.6	41.5	41.5	41.5	41.6
2 -	β Cas.	*Caph*	2.3	**357**	30.0	30.3	30.3	30.2	30.0	29.6	29.2	28.9	28.8	28.7	28.9	29.1
3 -	γ Peg.	*Algenib*	2.8	**356**	29.8	29.9	29.9	29.9	29.7	29.5	29.3	29.1	28.9	28.9	28.9	29.0
4 -	α Phe.	*Ankaa*	2.4	**353**	14.8	15.0	15.0	15.0	14.8	14.6	14.3	14.0	13.9	13.8	13.9	14.0
5 -	α Cas.	*Schedar*	2.2	**349**	39.3	39.5	39.6	39.5	39.3	39.0	38.6	38.3	38.1	38.0	38.1	38.3
6 -	β Cet.	*Diphda*	2.0	**348**	54.9	55.0	55.0	55.0	54.9	54.7	54.4	54.2	54.1	54.0	54.0	54.1
7 -	γ Cas.	*Navi*	*2.3	**345**	35.3	35.6	35.7	35.7	35.5	35.1	34.7	34.4	34.1	34.0	34.1	34.2
8 -	β And.	*Mirach*	2.1	**342**	21.2	21.3	21.4	21.4	21.2	21.0	20.7	20.5	20.3	20.2	20.2	20.3
9 -	α Eri.	*Achernar*	0.5	**335**	26.1	26.3	26.5	26.5	26.5	26.2	25.9	25.5	25.3	25.1	25.2	25.3
10 -	γ And.	*Almak*	2.3	**328**	47.3	47.4	47.6	47.6	47.5	47.3	47.0	46.7	46.5	46.4	46.3	46.3
12 -	α Ari.	*Hamal*	2.0	**327**	59.4	59.5	59.6	59.7	59.6	59.4	59.2	58.9	58.7	58.6	58.6	58.6
11 -	α **UMi.**	**Polaris**	2.0	**316**	64.2	78.1	89.8	97.2	96.7	88.5	75.8	60.7	46.8	36.8	32.3	35.4
13 -	θ Eri.	*Acamar*	3.3	**315**	17.4	17.6	17.7	17.8	17.8	17.7	17.5	17.2	17.0	16.8	16.7	16.8
14 -	α Cet.	*Menkar*	2.5	**314**	13.8	13.9	14.0	14.1	14.0	13.9	13.7	13.5	13.3	13.1	13.0	13.0
15 -	β Per.	*Algol*	*2.8	**312**	42.3	42.5	42.6	42.7	42.7	42.5	42.3	42.0	41.7	41.5	41.4	41.4
16 -	α Per.	*Mirfak*	1.8	**308**	38.5	38.6	38.8	39.0	39.0	38.8	38.5	38.2	37.9	37.6	37.4	37.4
17 -	η Tau.	*Alcyone*	2.9	**302**	53.9	54.0	54.2	54.3	54.3	54.2	54.0	53.7	53.5	53.3	53.2	53.1
18 -	γ Eri.	*Zaurak*	3.0	**300**	18.8	18.9	19.0	19.1	19.1	19.0	18.9	18.7	18.4	18.3	18.1	18.1
19 -	α Tau.	*Aldebaran*	0.9	**290**	47.9	47.9	48.1	48.2	48.2	48.2	48.0	47.8	47.5	47.3	47.2	47.1
20 -	β Ori.	*Rigel*	0.1	**281**	10.7	10.8	10.9	11.1	11.1	11.1	11.0	10.8	10.6	10.4	10.2	10.1
21 -	α Aur.	*Capella*	0.1	**280**	32.4	32.5	32.7	32.9	33.0	32.9	32.7	32.5	32.2	31.9	31.6	31.4
22 -	γ Ori.	*Bellatrix*	1.6	**278**	30.5	30.6	30.7	30.9	30.9	30.9	30.8	30.6	30.4	30.2	30.0	29.9
23 -	β Tau.	*Elnath*	1.7	**278**	10.9	11.0	11.1	11.3	11.3	11.3	11.1	10.9	10.7	10.5	10.2	10.1
24 -	δ Ori.	*Mintaka*	2.2	**276**	48.0	48.1	48.2	48.3	48.4	48.4	48.2	48.1	47.9	47.6	47.5	47.3
25 -	ε Ori.	*Alnilam*	1.7	**275**	45.0	45.0	45.2	45.3	45.4	45.3	45.2	45.0	44.8	44.6	44.4	44.3
26 -	ζ Ori.	*Alnitak*	2.1	**274**	36.8	36.9	37.0	37.2	37.2	37.2	37.1	36.9	36.7	36.5	36.3	36.2
27 -	κ Ori.	*Saiph*	2.1	**272**	52.6	52.6	52.8	52.9	53.0	53.0	52.9	52.7	52.5	52.3	52.1	52.0
28 -	α Ori.	*Betelgeuse*	*0.9	**270**	59.8	59.9	60.0	60.1	60.2	60.2	60.1	59.9	59.7	59.5	59.3	59.1
29 -	β Aur.	*Menkalinan*	1.9	**269**	50.0	50.0	50.2	50.4	50.5	50.5	50.4	50.1	49.8	49.5	49.3	49.1
30 -	β CMa.	*Mirzam*	2.0	**264**	9.2	9.2	9.3	9.5	9.6	9.6	9.5	9.4	9.2	9.0	8.8	8.6
31 -	α Car.	*Canopus*	−0.7	**263**	55.1	55.3	55.5	55.8	56.0	56.1	56.0	55.9	55.6	55.3	55.0	54.8
32 -	γ Gem.	*Alhena*	1.9	**260**	20.9	20.9	21.0	21.1	21.2	21.2	21.2	21.0	20.8	20.6	20.4	20.2
33 -	α CMa.	*Sirius*	−1.5	**258**	32.4	32.5	32.6	32.7	32.8	32.9	32.8	32.7	32.5	32.3	32.1	31.9
34 -	ε CMa.	*Adhara*	1.5	**255**	11.3	11.3	11.4	11.6	11.8	11.8	11.8	11.7	11.5	11.2	11.0	10.8
35 -	δ CMa.	*Wezen*	1.9	**252**	44.5	44.5	44.6	44.8	44.9	45.0	45.0	44.8	44.7	44.4	44.2	44.0
36 -	η CMa.	*Aludra*	2.5	**248**	49.2	49.2	49.3	49.5	49.6	49.7	49.7	49.6	49.4	49.2	48.9	48.7
37 -	α Gem.	*Castor*	2.0	**246**	6.2	6.2	6.2	6.4	6.5	6.6	6.5	6.4	6.2	6.0	5.7	5.5
38 -	α CMi.	*Procyon*	0.4	**244**	58.3	58.2	58.3	58.5	58.6	58.6	58.6	58.5	58.3	58.1	57.9	57.7
39 -	β Gem.	*Pollux*	1.1	**243**	26.0	26.0	26.1	26.3	26.4	26.4	26.4	26.3	26.1	25.9	25.6	25.4
40 -	ζ Puppis		2.3	**238**	57.7	57.7	57.9	58.0	58.2	58.3	58.4	58.3	58.1	57.9	57.6	57.4
41 -	γ Vel.	*Regor*	1.8	**237**	29.4	29.4	29.6	29.8	30.0	30.1	30.2	30.1	30.0	29.7	29.4	29.1
42 -	ε Car.	*Avior*	1.8	**234**	16.8	16.9	17.0	17.3	17.6	17.9	18.0	18.0	17.8	17.4	17.1	16.7
43 -	δ Velorum		2.0	**228**	42.5	42.4	42.6	42.8	43.1	43.3	43.4	43.4	43.2	42.9	42.6	42.3
44 -	ζ Hydrae		3.1	**225**	56.8	56.7	56.8	56.9	57.0	57.1	57.1	57.0	56.9	56.7	56.5	56.3
45 -	λ Vel.	*Suhail*	2.2	**222**	51.2	51.1	51.2	51.3	51.5	51.7	51.7	51.7	51.6	51.4	51.1	50.9
46 -	β Car.	*Miaplacidus*	1.7	**221**	38.4	38.3	38.5	38.9	39.4	39.8	40.1	40.1	40.0	39.6	39.1	38.6
47 -	ι Car.	*Aspidiske*	2.5	**220**	36.8	36.7	36.8	37.1	37.3	37.6	37.8	37.8	37.7	37.4	37.0	36.7
48 -	α Lyncis		3.1	**219**	30.1	30.0	30.0	30.1	30.3	30.4	30.4	30.4	30.3	30.1	29.8	29.5
49 -	α Hya.	*Alphard*	2.0	**217**	54.7	54.6	54.6	54.7	54.8	54.9	55.0	54.9	54.9	54.7	54.5	54.2
50 -	α Leo.	*Regulus*	1.4	**207**	42.1	42.0	42.0	42.0	42.1	42.2	42.3	42.3	42.2	42.1	41.9	41.6

* Estrella de magnitud variable. Se presenta el valor promedio.

ANEXO XV

ESTRELLAS, 2015 377

POSICIONES APARENTES DECLINACIÓN

Nº	NOMBRE		Mag		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agt	Sep	Oct	Nov	Dic
				°	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′
1 -	α And.	*Alpheratz*	2.1	+29	10.5	10.5	10.4	10.3	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8	10.9	10.9
2 -	β Cas.	*Caph*	2.3	+59	14.2	14.1	14.0	13.9	13.8	13.8	13.9	14.0	14.2	14.4	14.5	14.5
3 -	γ Peg.	*Algenib*	2.8	+15	16.1	16.0	16.0	16.0	16.0	16.1	16.2	16.3	16.4	16.4	16.4	16.4
4 -	α Phe.	*Ankaa*	2.4	−42	13.7	13.7	13.6	13.4	13.3	13.1	13.1	13.1	13.1	13.2	13.3	13.4
5 -	α Cas.	*Schedar*	2.2	+56	37.4	37.3	37.2	37.1	37.0	37.0	37.1	37.2	37.4	37.5	37.7	37.7
6 -	β Cet.	*Diphda*	2.0	−17	54.4	54.4	54.4	54.3	54.2	54.1	54.0	53.9	53.9	54.0	54.0	54.1
7 -	γ Cas.	*Navi*	*2.3	+60	48.1	48.1	47.9	47.8	47.7	47.7	47.7	47.9	48.0	48.2	48.3	48.4
8 -	β And.	*Mirach*	2.1	+35	42.1	42.1	42.0	41.9	41.9	41.9	42.0	42.1	42.2	42.3	42.4	42.4
9 -	α Eri.	*Achernar*	0.5	−57	10.0	9.9	9.8	9.7	9.5	9.3	9.2	9.2	9.3	9.4	9.6	9.7
10 -	γ And.	*Almak*	2.3	+42	24.2	24.2	24.1	24.0	23.9	23.9	24.0	24.0	24.2	24.3	24.4	24.4
12 -	α Ari.	*Hamal*	2.0	+23	32.0	32.0	31.9	31.9	31.9	31.9	32.0	32.0	32.1	32.2	32.2	32.3
11 -	α UMi.	**Polaris**	2.0	+89	19.9	19.9	19.9	19.7	19.6	19.5	19.4	19.4	19.5	19.7	19.8	20.0
13 -	θ Eri.	*Acamar*	3.3	−40	15.0	15.1	15.0	14.9	14.8	14.6	14.5	14.4	14.4	14.5	14.6	14.7
14 -	α Cet.	*Menkar*	2.5	+4	8.8	8.7	8.7	8.7	8.8	8.8	8.9	9.0	9.0	9.1	9.0	9.0
15 -	β Per.	*Algol*	*2.8	+41	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0
16 -	α Per.	*Mirfak*	1.8	+49	54.9	54.9	54.9	54.8	54.7	54.6	54.6	54.6	54.7	54.8	54.9	55.0
17 -	η Tau.	*Alcyone*	2.9	+24	9.0	9.0	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	9.0	9.0	9.1	9.1	9.1
18 -	γ Eri.	*Zaurak*	3.0	−13	28.2	28.3	28.3	28.2	28.2	28.0	27.9	27.8	27.8	27.8	27.9	28.0
19 -	α Tau.	*Aldebaran*	0.9	+16	32.2	32.2	32.2	32.1	32.1	32.2	32.2	32.2	32.3	32.3	32.3	32.3
20 -	β Ori.	*Rigel*	0.1	−8	11.3	11.4	11.4	11.4	11.3	11.3	11.2	11.1	11.0	11.1	11.1	11.2
21 -	α Aur.	*Capella*	0.1	+46	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6
22 -	γ Ori.	*Bellatrix*	1.6	+6	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.6	21.6	21.7	21.7	21.7	21.7	21.6
23 -	β Tau.	*Elnath*	1.7	+28	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0
24 -	δ Ori.	*Mintaka*	2.2	−0	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.5	17.4	17.4	17.3	17.3	17.4	17.5
25 -	ε Ori.	*Alnilam*	1.7	−1	11.8	11.9	11.9	11.9	11.8	11.8	11.7	11.6	11.6	11.6	11.7	11.7
26 -	ζ Ori.	*Alnitak*	2.1	−1	56.4	56.4	56.4	56.4	56.4	56.3	56.2	56.2	56.1	56.1	56.2	56.3
27 -	κ Ori.	*Saiph*	2.1	−9	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2	40.1	40.0	39.9	39.9	39.9	40.0	40.0
28 -	α Ori.	*Betelgeuse*	*0.9	+7	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3	24.4	24.4	24.5	24.5	24.4	24.4
29 -	β Aur.	*Menkalinan*	1.9	+44	56.7	56.8	56.8	56.8	56.8	56.7	56.6	56.6	56.6	56.6	56.6	56.7
30 -	β CMa.	*Mirzam*	2.0	−17	58.1	58.2	58.2	58.2	58.2	58.1	58.0	57.9	57.8	57.8	57.9	58.0
31 -	α Car.	*Canopus*	−0.7	−52	42.5	42.7	42.7	42.7	42.6	42.5	42.3	42.2	42.1	42.1	42.2	42.4
32 -	γ Gem.	*Alhena*	1.9	+16	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	23.0	23.0	23.0	23.0	22.9	22.9
33 -	α CMa.	*Sirius*	−1.5	−16	44.5	44.6	44.6	44.6	44.6	44.5	44.4	44.3	44.2	44.3	44.3	44.5
34 -	ε CMa.	*Adhara*	1.5	−28	59.8	60.0	60.0	60.0	60.0	59.9	59.7	59.6	59.5	59.5	59.6	59.8
35 -	δ CMa.	*Wezen*	1.9	−26	25.3	25.4	25.5	25.5	25.4	25.3	25.2	25.1	25.0	25.0	25.1	25.2
36 -	η CMa.	*Aludra*	2.5	−29	20.2	20.3	20.4	20.4	20.4	20.3	20.2	20.0	20.0	20.0	20.0	20.2
37 -	α Gem.	*Castor*	2.0	+31	51.1	51.1	51.1	51.1	51.1	51.1	51.1	51.1	51.0	51.0	50.9	50.9
38 -	α CMi.	*Procyon*	0.4	+5	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	11.0	11.0	11.0	10.9	10.8
39 -	β Gem.	*Pollux*	1.1	+27	59.1	59.1	59.2	59.2	59.2	59.2	59.2	59.1	59.1	59.0	59.0	59.0
40 -	ζ Puppis		2.3	−40	2.9	3.1	3.2	3.2	3.2	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.8	2.9
41 -	γ Vel.	*Regor*	1.8	−47	23.0	23.2	23.3	23.4	23.4	23.3	23.1	23.0	22.9	22.8	22.9	23.0
42 -	ε Car.	*Avior*	1.8	−59	33.6	33.8	33.9	34.0	34.0	33.9	33.8	33.6	33.5	33.4	33.5	33.6
43 -	δ Velorum		2.0	−54	45.9	46.1	46.3	46.4	46.4	46.3	46.2	46.0	45.9	45.8	45.8	46.0
44 -	ζ Hydrae		3.1	+5	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	53.0	53.1	53.1	53.1	53.1	53.0	52.9
45 -	λ Vel.	*Suhail*	2.2	−43	29.7	29.9	30.0	30.1	30.1	30.0	29.9	29.8	29.7	29.6	29.6	29.8
46 -	β Car.	*Miaplacidus*	1.7	−69	46.8	47.0	47.1	47.2	47.3	47.2	47.1	47.0	46.8	46.7	46.7	46.8
47 -	ι Car.	*Aspidiske*	2.5	−59	20.3	20.5	20.7	20.8	20.8	20.8	20.7	20.5	20.4	20.3	20.3	20.4
48 -	α Lyncis		3.1	+34	19.4	19.5	19.5	19.6	19.6	19.6	19.6	19.5	19.4	19.4	19.3	19.2
49 -	α Hya.	*Alphard*	2.0	−8	43.6	43.7	43.8	43.8	43.8	43.7	43.7	43.6	43.6	43.6	43.6	43.7
50 -	α Leo.	*Regulus*	1.4	+11	53.4	53.3	53.3	53.4	53.4	53.4	53.4	53.5	53.4	53.4	53.3	53.2

* Estrella de magnitud variable. Se presenta el valor promedio.

ANEXO XVI

```
Sub FiltrarEstrellasHS()
'
' FiltrarEstrellas Macro
'

'
Dim rng As Range

Dim anho As Integer
Dim mes As Integer
Dim dia As Integer
Dim hora As Integer
Dim minuto As Integer
Dim segundo As Integer
Dim fecha As Date
Dim horasis As Date
Dim ad As Integer
Dim ret As Integer
Dim rw As Variant
Dim tbl As Variant
Dim tabla As Variant
Dim inicial As Double
Dim dif As Double
Dim row As Variant
Dim A As Boolean
Dim B As Boolean
Dim estrella As String
Dim estrellan As String

ad = Range("E4").Value
ret = Range("E5").Value

fecha = Date
horasis = Now
horasis = horasis + TimeSerial(0, 0, ret)

anho = Year(fecha)
mes = Month(fecha)
dia = Day(fecha)
hora = Hour(horasis) + ad
minuto = Minute(horasis)
segundo = Second(horasis)

Sheets("EntradaDatos").Select
Range("B2").Value = dia
Range("B3").Value = mes
Range("B4").Value = anho
Range("B5").Value = hora
Range("B6").Value = minuto
Range("B7").Value = segundo
    'Sheets("EntradaDatos").Select
    Application.CutCopyMode = False
    Application.CutCopyMode = False
    Application.CutCopyMode = False
    Application.CutCopyMode = False
    Sheets("DiaJuliano").Range("Y1:AF60").AdvancedFilter Action:=xlFilterCopy, _
        CriteriaRange:=Sheets("DiaJuliano").Range("AH1:AH2"), CopyToRange:=Range( _
        "H1:K1"), Unique:=False
        Range("I2:I62").Select
    ActiveWorkbook.Worksheets("EntradaDatos").Sort.SortFields.Clear
    ActiveWorkbook.Worksheets("EntradaDatos").Sort.SortFields.Add Key:=Range("I2" _
        ), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal
    With ActiveWorkbook.Worksheets("EntradaDatos").Sort
        .SetRange Range("H2:K62")
        .Header = xlNo
        .MatchCase = False
        .Orientation = xlTopToBottom
        .SortMethod = xlPinYin
        .Apply
    End With
    Range("I2").Select
```

```
    Range("L2:L60").Value = ""
    Set tbl = ActiveCell.CurrentRegion
    tbl.Offset(1, 1).Resize(tbl.Rows.Count - 1, 1).Select
    Set tbl = Selection
    Set tabla = tbl
    For Each rw In tbl.Rows
        inicial = rw.Value
        A = False
        B = False
        For Each row In tabla.Rows
            dif = row.Cells(1, 1).Value - inicial
            If (Abs(dif) > 105) And (Abs(dif) < 135) Then
                If (dif > 0) And (A = False) Then
                    A = True
                    estrella = row.Cells(1, 0).Value
                End If
                If dif < 0 Then
                    B = True
                    estrellan = row.Cells(1, 0).Value
                End If
            End If
            If (A = True) And (B = True) Then
                rw.Cells(1, 4).Value = rw.Cells(1, 0).Value & ", " & estrella & ", "
& estrellan
                Exit For
            End If
        Next
    Next
    Range("B5").Select
End Sub
```

ANEXO XVII

```
//Nutation, obliquity of the ecliptic
function Nutation()
{
  //IAU 1980 nutation theory:

  //Mean anomaly of the moon
  var Mm =
134.962981389+198.867398056*TE+norm_360_deg(477000*TE)+0.008697222222*TE2+TE3/56250;

  //Mean anomaly of the sun
  var M = 357.527723333+359.05034*TE+norm_360_deg(35640*TE)-0.0001602777778*TE2-
TE3/300000;

  //Mean distance of the moon from the ascending node
  var F = 93.271910277+82.017538055*TE+norm_360_deg(483120*TE)-
0.0036825*TE2+TE3/327272.7273;

  //Mean elongation of the moon
  var D = 297.850363055+307.11148*TE+norm_360_deg(444960*TE)-
0.001914166667*TE2+TE3/189473.6842;

  //Longitude of the ascending node of the moon
  var omega = 125.044522222-134.136260833*TE-
norm_360_deg(1800*TE)+0.002070833333*TE2+TE3/450000;

  //Periodic terms for nutation
  var nut = new Array(106);
  nut[0]  = " 0 0 0 0 1-171996-174.2 92025 8.9 ";
  nut[1]  = " 0 0 2-2 2 -13187  -1.6  5736-3.1 ";
  nut[2]  = " 0 0 2 0 2  -2274  -0.2   977-0.5 ";
  nut[3]  = " 0 0 0 0 2   2062   0.2  -895 0.5 ";
  nut[4]  = " 0-1 0 0 0  -1426   3.4    54-0.1 ";
  nut[5]  = " 1 0 0 0 0    712   0.1    -7 0.0 ";
  nut[6]  = " 0 1 2-2 2   -517   1.2   224-0.6 ";
  nut[7]  = " 0 0 2 0 1   -386  -0.4   200 0.0 ";
  nut[8]  = " 1 0 2 0 2   -301   0.0   129-0.1 ";
  nut[9]  = " 0-1 2-2 2    217  -0.5   -95 0.3 ";
  nut[10] = "-1 0 0 2 0    158   0.0    -1 0.0 ";
  nut[11] = " 0 0 2-2 1    129   0.1   -70 0.0 ";
  nut[12] = "-1 0 2 0 2    123   0.0   -53 0.0 ";
  nut[13] = " 1 0 0 0 1     63   0.1   -33 0.0 ";
  nut[14] = " 0 0 0 2 0     63   0.0    -2 0.0 ";
  nut[15] = "-1 0 2 2 2    -59   0.0    26 0.0 ";
  nut[16] = "-1 0 0 0 1    -58  -0.1    32 0.0 ";
  nut[17] = " 1 0 2 0 1    -51   0.0    27 0.0 ";
  nut[18] = "-2 0 0 2 0    -48   0.0     1 0.0 ";
  nut[19] = "-2 0 2 0 1     46   0.0   -24 0.0 ";
  nut[20] = " 0 0 2 2 2    -38   0.0    16 0.0 ";
  nut[21] = " 2 0 2 0 2    -31   0.0    13 0.0 ";
  nut[22] = " 2 0 0 0 0     29   0.0    -1 0.0 ";
  nut[23] = " 1 0 2-2 2     29   0.0   -12 0.0 ";
  nut[24] = " 0 0 2 0 0     26   0.0    -1 0.0 ";
  nut[25] = " 0 0 2-2 0    -22   0.0     0 0.0 ";
  nut[26] = "-1 0 2 0 1     21   0.0   -10 0.0 ";
  nut[27] = " 0 2 0 0 0     17  -0.1     0 0.0 ";
  nut[28] = " 0 2 2-2 2    -16   0.1     7 0.0 ";
  nut[29] = "-1 0 0 2 1     16   0.0    -8 0.0 ";
  nut[30] = " 0 1 0 0 1    -15   0.0     9 0.0 ";
  nut[31] = " 1 0 0-2 1    -13   0.0     7 0.0 ";
  nut[32] = " 0-1 0 0 1    -12   0.0     6 0.0 ";
  nut[33] = " 2 0-2 0 0     11   0.0     0 0.0 ";
  nut[34] = "-1 0 2 2 1    -10   0.0     5 0.0 ";
  nut[35] = " 1 0 2 2 2     -8   0.0     3 0.0 ";
  nut[36] = " 0-1 2 0 2     -7   0.0     3 0.0 ";
  nut[37] = " 0 0 2 2 1     -7   0.0     3 0.0 ";
  nut[38] = " 1 1 0-2 0     -7   0.0     0 0.0 ";
  nut[39] = " 0 1 2 0 2      7   0.0    -3 0.0 ";
  nut[40] = "-2 0 0 2 1     -6   0.0     3 0.0 ";
  nut[41] = " 0 0 0 2 1     -6   0.0     3 0.0 ";
  nut[42] = " 2 0 2-2 2      6   0.0    -3 0.0 ";
  nut[43] = " 1 0 0 2 0      6   0.0     0 0.0 ";
```

```
  nut[44] = " 1 0 2-2 1      6   0.0    -3 0.0 ";
  nut[45] = " 0 0 0-2 1     -5   0.0     3 0.0 ";
  nut[46] = " 0-1 2-2 1     -5   0.0     3 0.0 ";
  nut[47] = " 2 0 2 0 1     -5   0.0     3 0.0 ";
  nut[48] = " 1-1 0 0 0      5   0.0     0 0.0 ";
  nut[49] = " 1 0 0-1 0     -4   0.0     0 0.0 ";
  nut[50] = " 0 0 0 1 0     -4   0.0     0 0.0 ";
  nut[51] = " 0 1 0-2 0     -4   0.0     0 0.0 ";
  nut[52] = " 1 0-2 0 0      4   0.0     0 0.0 ";
  nut[53] = " 2 0 0-2 1      4   0.0    -2 0.0 ";
  nut[54] = " 0 1 2-2 1      4   0.0    -2 0.0 ";
  nut[55] = " 1 1 0 0 0     -3   0.0     0 0.0 ";
  nut[56] = " 1-1 0-1 0     -3   0.0     0 0.0 ";
  nut[57] = "-1-1 2 2 2     -3   0.0     1 0.0 ";
  nut[58] = " 0-1 2 2 2     -3   0.0     1 0.0 ";
  nut[59] = " 1-1 2 0 2     -3   0.0     1 0.0 ";
  nut[60] = " 3 0 2 0 2     -3   0.0     1 0.0 ";
  nut[61] = "-2 0 2 0 2     -3   0.0     1 0.0 ";
  nut[62] = " 1 0 2 0 0      3   0.0     0 0.0 ";
  nut[63] = "-1 0 2 4 2     -2   0.0     1 0.0 ";
  nut[64] = " 1 0 0 0 2     -2   0.0     1 0.0 ";
  nut[65] = "-1 0 2-2 1     -2   0.0     1 0.0 ";
  nut[66] = " 0-2 2-2 1     -2   0.0     1 0.0 ";
  nut[67] = "-2 0 0 0 1     -2   0.0     1 0.0 ";
  nut[68] = " 2 0 0 0 1      2   0.0    -1 0.0 ";
  nut[69] = " 3 0 0 0 0      2   0.0     0 0.0 ";
  nut[70] = " 1 1 2 0 2      2   0.0    -1 0.0 ";
  nut[71] = " 0 0 2 1 2      2   0.0    -1 0.0 ";
  nut[72] = " 1 0 0 2 1     -1   0.0     0 0.0 ";
  nut[73] = " 1 0 2 2 1     -1   0.0     1 0.0 ";
  nut[74] = " 1 1 0-2 1     -1   0.0     0 0.0 ";
  nut[75] = " 0 1 0 2 0     -1   0.0     0 0.0 ";
  nut[76] = " 0 1 2-2 0     -1   0.0     0 0.0 ";
  nut[77] = " 0 1-2 2 0     -1   0.0     0 0.0 ";
  nut[78] = " 1 0-2 2 0     -1   0.0     0 0.0 ";
  nut[79] = " 1 0-2-2 0     -1   0.0     0 0.0 ";
  nut[80] = " 1 0 2-2 0     -1   0.0     0 0.0 ";
  nut[81] = " 1 0 0-4 0     -1   0.0     0 0.0 ";
  nut[82] = " 2 0 0-4 0     -1   0.0     0 0.0 ";
  nut[83] = " 0 0 2 4 2     -1   0.0     0 0.0 ";
  nut[84] = " 0 0 2-1 2     -1   0.0     0 0.0 ";
  nut[85] = "-2 0 2 4 2     -1   0.0     1 0.0 ";
  nut[86] = " 2 0 2 2 2     -1   0.0     0 0.0 ";
  nut[87] = " 0-1 2 0 1     -1   0.0     0 0.0 ";
  nut[88] = " 0 0-2 0 1     -1   0.0     0 0.0 ";
  nut[89] = " 0 0 4-2 2      1   0.0     0 0.0 ";
  nut[90] = " 0 1 0 0 2      1   0.0     0 0.0 ";
  nut[91] = " 1 1 2-2 2      1   0.0    -1 0.0 ";
  nut[92] = " 3 0 2-2 2      1   0.0     0 0.0 ";
  nut[93] = "-2 0 2 2 2      1   0.0    -1 0.0 ";
  nut[94] = "-1 0 0 0 2      1   0.0    -1 0.0 ";
  nut[95] = " 0 0-2 2 1      1   0.0     0 0.0 ";
  nut[96] = " 0 1 2 0 1      1   0.0     0 0.0 ";
  nut[97] = "-1 0 4 0 2      1   0.0     0 0.0 ";
  nut[98] = " 2 1 0-2 0      1   0.0     0 0.0 ";
  nut[99] = " 2 0 0 2 0      1   0.0     0 0.0 ";
  nut[100]= " 2 0 2-2 1      1   0.0    -1 0.0 ";
  nut[101]= " 2 0-2 0 1      1   0.0     0 0.0 ";
  nut[102]= " 1-1 0-2 0      1   0.0     0 0.0 ";
  nut[103]= "-1 0 0 1 1      1   0.0     0 0.0 ";
  nut[104]= "-1-1 0 2 1      1   0.0     0 0.0 ";
  nut[105]= " 0 1 0 1 0      1   0.0     0 0.0 ";

   //Reading periodic terms
   var fMm, fM, fF, fD, f_omega, dp=0, de=0;

   for (x=0; x<105; x++)
   {
      fMm = eval(nut[x].substring(0,2));
      fM = eval(nut[x].substring(2,4));
      fF = eval(nut[x].substring(4,6));
      fD = eval(nut[x].substring(6,8));
      f_omega = eval(nut[x].substring(8,10));
      dp +=
(eval(nut[x].substring(10,17))+TE*eval(nut[x].substring(17,23)))*sind(fD*D+fM*M+fMm*M
m+fF*F+f_omega*omega);
```

```
      de   +=
(eval(nut[x].substring(23,29))+TE*eval(nut[x].substring(29,33)))*cosd(fD*D+fM*M+fMm*M
m+fF*F+f_omega*omega);
   }

   //Corrections (Herring, 1987)

   var corr = new Array(4);
   corr[0] = " 0 0 0 0 1-725 417 213 224 ";
   corr[1] = " 0 1 0 0 0 523  61 208 -24 ";
   corr[2] = " 0 0 2-2 2 102-118 -41 -47 ";
   corr[3] = " 0 0 2 0 2 -81   0  32   0 ";

   for (x=0; x<4; x++)
   {
      fMm = eval(corr[x].substring(0,2));
      fM = eval(corr[x].substring(2,4));
      fF = eval(corr[x].substring(4,6));
      fD = eval(corr[x].substring(6,8));
      f_omega = eval(corr[x].substring(8,10));
      dp +=
0.1*(eval(corr[x].substring(10,14))*sind(fD*D+fM*M+fMm*Mm+fF*F+f_omega*omega)+eval(co
rr[x].substring(14,18))*cosd(fD*D+fM*M+fMm*Mm+fF*F+f_omega*omega));
      de +=
0.1*(eval(corr[x].substring(18,22))*cosd(fD*D+fM*M+fMm*Mm+fF*F+f_omega*omega)+eval(co
rr[x].substring(22,26))*sind(fD*D+fM*M+fMm*Mm+fF*F+f_omega*omega));
   }

   //Mean obliquity of the ecliptic
   eps0 = (84381.448-46.815*TE-0.00059*TE2+0.001813*TE3)/3600;

   //Nutation in longitude
   delta_psi = dp/36000000;

   //Nutation in obliquity
   delta_eps = de/36000000;

   //True obliquity of the ecliptic
   eps = eps0+delta_eps;
}
```

ANEXO XVIII

```
//Ephemerides of selected star
function Star()
{
   //Star catalog
   navstar = new Array(58);
   //Acamar
   navstar[0]= " 2.9710266670 -40.3047138890  -0.3910    1.9400  0.0280";
   //Achernar
   navstar[1]= " 1.6285700000 -57.2367166670   1.1730   -3.4700  0.0230";
   //Acrux
   navstar[2]= "12.4432975000 -63.0990500000  -0.5240   -1.2100  0.0000";
   //Adhara
   navstar[3]= " 6.9770966670 -28.9720833330   0.0310    0.2800  0.0000";
   //Aldebaran
   navstar[4]= " 4.5986769440  16.5092750000   0.4390  -18.9700  0.0480";
   //Alioth
   navstar[5]= "12.9004855560  55.9598527780   1.3280   -0.5800  0.0090";
   //Alkaid
   navstar[6]= "13.7923427780  49.3133194440  -1.2490   -1.0900  0.0350";
   //Al Na'ir
   navstar[7]= "22.1372222220 -46.9609972220   1.2590  -15.1000  0.0510";
   //Alnilam
   navstar[8]= " 5.6035580560  -1.2019500000   0.0060   -0.2400  0.0000";
   //Alphard
   navstar[9]= " 9.4597908330  -8.6586527780  -0.0930    3.2800  0.0170";
   //Alphecca
   navstar[10]="15.5781322220  26.7147055560   0.9060   -8.8600  0.0430";
   //Alpheratz
   navstar[11]=" 0.1397958330  29.0904388890   1.0390  -16.3300  0.0240";
   //Altair
   navstar[12]="19.8463894440   8.8683416670   3.6290   38.6300  0.1981";
   //Ankaa
   navstar[13]=" 0.4380638890 -42.3060583330   1.8330  -39.5700  0.0350";
   //Antares
   navstar[14]="16.4901219440 -26.4319861110  -0.0710   -2.0300  0.0190";
   //Arcturus
   navstar[15]="14.2610213890  19.1824194440  -7.7140 -199.8400  0.0900";
   //Atria
   navstar[16]="16.8110747220 -69.0277277780   0.2600   -3.4000  0.0240";
   //Avior
   navstar[17]=" 8.3752313890 -59.5095861110  -0.3460    1.4400  0.0000";
   //Bellatrix
   navstar[18]=" 5.4188491670   6.3496500000  -0.0590   -1.3900  0.0260";
   //Betelgeuse
   navstar[19]=" 5.9195297220   7.4070416670   0.1730    0.8700  0.0050";
   //Canopus
   navstar[20]=" 6.3991997220 -52.6956944440   0.2450    2.0700  0.0180";
   //Capella
   navstar[21]=" 5.2781536110  45.9980277780   0.7280  -42.4700  0.0730";
   //Deneb
   navstar[22]="20.6905325000  45.2803638890   0.0270    0.2300  0.0000";
   //Denebola
   navstar[23]="11.8176611110  14.5720416670  -3.4220  -11.4100  0.0760";
   //Diphda
   navstar[24]=" 0.7264922220 -17.9866166670   1.6370    3.2500  0.0570";
   //Dubhe
   navstar[25]="11.0621294440  61.7508944440  -1.6750   -6.6500  0.0310";
   //Elnath
   navstar[26]=" 5.4381975000  28.6074083330   0.1690  -17.5100  0.0180";
   //Eltanin
   navstar[27]="17.9434352780  51.4889472220  -0.0810   -1.9400  0.0170";
   //Enif
   navstar[28]="21.7364344440   9.8749777780   0.2070   -0.0600  0.0060";
   //Fomalhaut
   navstar[29]="22.9608486110 -29.6222500000   2.5510  -16.4700  0.1440";
   //Gacrux
   navstar[30]="12.5194247220 -57.1131944440   0.2850  -26.2300  0.0000";
   //Gienah
   navstar[31]="12.2634350000 -17.5419361110  -1.1240    2.3300  0.0000";
   //Hadar
   navstar[32]="14.0637244440 -60.3729972220  -0.4260   -1.9300  0.0160";
   //Hamal
   navstar[33]=" 2.1195563890  23.4624055560   1.3830  -14.8300  0.0430";
   //Kaus Aust.
```

```
navstar[34]="18.4028686110 -34.3846472220  -0.3090  -12.4100  0.0150";
//Kochab
navstar[35]="14.8450961110  74.1554944440  -0.7630    1.2200  0.0310";
//Markab
navstar[36]="23.0793494440  15.2052500000   0.4360   -4.2500  0.0300";
//Menkar
navstar[37]=" 3.0379925000   4.0897027780  -0.0630   -7.8000  0.0090";
//Menkent
navstar[38]="14.1113752780 -36.3700083330  -4.2930  -51.9000  0.0590";
//Miaplacidus
navstar[39]=" 9.2199880560 -69.7172083330  -3.1080   10.7800  0.0380";
//Mirfak
navstar[40]=" 3.4053791670  49.8612055560   0.2460   -2.4600  0.0290";
//Nunki
navstar[41]="18.9210900000 -26.2967305560   0.0990   -5.4200  0.0000";
//Peacock
navstar[42]="20.4274588890 -56.7351055560   0.0820   -8.9100  0.0000";
//Polaris
navstar[43]=" 2.5301955560  89.2640888890  19.8770   -1.520   0.0070";
//Pollux
navstar[44]=" 7.7552627780  28.0261833330  -4.7400   -4.5900  0.0930";
//Procyon
navstar[45]=" 7.6550313890   5.2250166670  -4.7550 -102.2900  0.2880";
//Rasalhague
navstar[46]="17.5822433330  12.5600388890   0.8220  -22.6400  0.0560";
//Regulus
navstar[47]="10.1395319440  11.9671916670  -1.6930    0.6400  0.0390";
//Rigel
navstar[48]=" 5.2422966670  -8.2016611110   0.0030   -0.1300  0.0130";
//Rigil Kent.
navstar[49]="14.6599680560 -60.8354000000 -49.8260   69.9300  0.7516";
//Sabik
navstar[50]="17.1729669440 -15.7249194400   0.2600    9.5000  0.0520";
//Schedar
navstar[51]=" 0.6751250000  56.5373500000   0.6360   -3.1900  0.0160";
//Shaula
navstar[52]="17.5601483330 -37.1038111110  -0.0110   -2.9200  0.0000";
//Sirius
navstar[53]=" 6.7524641670 -16.7161083330  -3.8470 -120.5300  0.3751";
//Spica
navstar[54]="13.4198852780 -11.1613083330  -0.2780   -2.8300  0.0210";
//Suhail
navstar[55]=" 9.1332711110 -43.4326055560  -0.1720    1.2700  0.0150";
//Vega
navstar[56]="18.6156477780  38.7836583330   1.7260   28.6100  0.1230";
//Zubenelgenubi
navstar[57]="14.8479758330 -16.0417833330  -0.7340   -6.6800  0.0490";
```

ANEXO XIX

```
//Ephemerides of selected star
function Star()
{
   //Read catalog
   var RAstar0 = 15*eval(navstar[starname].substring(0,13));
   var DECstar0 = eval(navstar[starname].substring(14,28));
   var dRAstar = 15*eval(navstar[starname].substring(29,37))/3600;
   var dDECstar = eval(navstar[starname].substring(38,47))/3600;
   var par = eval(navstar[starname].substring(49,55))/3600;

   //Equatorial coordinates at Julian Date T (mean equinox and equator 2000.0)
   var RAstar1 = RAstar0+TE*dRAstar;
   var DECstar1 = DECstar0+TE*dDECstar;

   //Mean obliquity of ecliptic at 2000.0 in degrees
   var eps0_2000 = 23.439291111;

   //Transformation to ecliptic coordinates in radians (mean equinox and equator
2000.0)
   with(Math)
   {
      var lambdastar1 =
atan2((sind(RAstar1)*cosd(eps0_2000)+tand(DECstar1)*sind(eps0_2000)),cosd(RAstar1));
      var betastar1 = asin(sind(DECstar1)*cosd(eps0_2000)-
cosd(DECstar1)*sind(eps0_2000)*sind(RAstar1));
   }
   //Precession
   var eta = (47.0029*TE-0.03302*TE2+0.00006*TE3)*dtr/3600;
   var PI0 = (174.876384-(869.8089*TE+0.03536*TE2)/3600)*dtr;
   var p0 = (5029.0966*TE+1.11113*TE2-0.0000006*TE3)*dtr/3600;
   with(Math)
   {
      var A1 = cos(eta)*cos(betastar1)*sin(PI0-lambdastar1)-sin(eta)*sin(betastar1);
      var B1 = cos(betastar1)*cos(PI0-lambdastar1);
      var C1 = cos(eta)*sin(betastar1)+sin(eta)*cos(betastar1)*sin(PI0-lambdastar1);
      var lambdastar2 = p0+PI0-atan2(A1,B1);
      var betastar2 = asin(C1);
   }

   //Low-precision ephemerides for the sun
function Sun()
{
   //Eccentricity
   var e = 0.016708617-0.000042037*TE-0.0000001236*TE2;

   //Mean anomaly of the sun
   var M = norm_360_deg(357.5291+35999.0503*TE-0.0001559*TE2-0.00000048*TE3);

   //Equation of center
   var C = (1.9146-0.004817*TE-0.000014*TE2)*sind(M)+(0.019993-
0.000101*TE)*sind(2*M)+0.00029*sind(3*M);

   //True Longitude
   Lsun_true = norm_360_deg(L0+C);
}

   //Annual parallax
   with(Math)
   {
      var par_lambda = dtr*par*sin(dtr*Lsun_true-lambdastar2)/cos(betastar2);
      var par_beta = -dtr*par*sin(betastar2)*cos(dtr*Lsun_true-lambdastar2);
   }
   lambdastar2 += par_lambda;
   betastar2 += par_beta;

   //Nutation in longitude
   lambdastar2 += dtr*delta_psi;

   //Aberration
   var kappa = dtr*20.49552/3600;
   var pi0 = dtr*(102.93735+1.71953*TE+0.00046*TE2);
   var e = 0.016708617-0.000042037*TE-0.0000001236*TE2;
   with(Math)
   {
```

```
      var dlambdastar = (e*kappa*cos(pi0-lambdastar2)-kappa*cos(dtr*Lsun_true-
lambdastar2))/cos(betastar2);
      var dbetastar = -kappa*sin(betastar2)*(sin(dtr*Lsun_true-lambdastar2)-
e*sin(pi0-lambdastar2));
   }
   lambdastar2 += dlambdastar;
   betastar2 += dbetastar;

   //Transformation back to equatorial coordinates in radians
   with(Math)
   {
      var RAstar2 =  atan2((sin(lambdastar2)*cosd(eps)-
tan(betastar2)*sind(eps)),cos(lambdastar2));
      var DECstar2 =
asin(sin(betastar2)*cosd(eps)+cos(betastar2)*sind(eps)*sin(lambdastar2));
   }

   //Finals
   GHAstar = norm_360_deg(GHAAtrue-RAstar2/dtr);
   SHAstar = norm_360_deg(360-RAstar2/dtr);
   DECstar = DECstar2/dtr;
}
```

ANEXO XX

LUNES 4 DE DICIEMBRE DE 2017

Procivel, S.L.

UT	SOL			LUNA				PHE		Lat	SOL			LUNA			
	SD: 16.'2 PMG: $11^h50.^m3$			SD: 16.'7 Edad: $15.^d5$ PMG: $0^h13.^m4$				4^h: 61.'3 12^h: 61.'3 20^h: 61.'3 R.° 63^m			Puesta	Crepúsculo		Salida		Puesta	
	hG ⊙		Dec	hG ☾		Dif	Dec		Dif			Civil	Náutico	Hora	R.°	Hora	R.°
h	° ′		° ′	° ′			° ′			°	h m	h m	h m	h m	m	h m	m
0	182	28.8	-22 13.6	356	46.9	37	+18 25.1		52	60 N	14 59	15 54	16 50	16 24	59	9 1	72
1	197	28.5	14.0	11	9.6	36	30.3		51	58	15 15	16 5	56	38	59	8 48	71
2	212	28.3	14.3	25	32.2	36	35.3		49	56	15 28	14	17 3	49	60	36	71
3	227	28.0	14.6	39	54.8	35	40.3		48	54	15 40	23	8	60	60	26	70
4	242	27.8	15.0	54	17.3	35	45.1		46	52	15 50	30	13	17 9	61	17	70
5	257	27.5	-22 15.3	68	39.8		+18 49.7			50	16 0	16 37	17 18	17 17	61	8 9	69
6	272	27.3	-22 15.6	83	2.3	35	+18 54.2		45	45	16 19	16 52	17 29	17 35	61	7 52	68
7	287	27.0	16.0	97	24.7	34	58.6		44	40	16 35	17 5	39	49	62	38	67
8	302	26.7	16.3	111	47.1	34	+19 2.8		42	35	16 48	16	47	18 1	62	26	67
9	317	26.5	16.6	126	9.5	34	6.9		41	30	17 0	26	56	12	62	16	66
10	332	26.2	17.0	140	31.8	33	10.8		39	20	17 20	44	18 11	30	63	6 58	65
11	347	26.0	-22 17.3	154	54.1	33	+19 14.6		38	10 N	17 37	18 0	18 26	18 46	63	6 43	64
12	2	25.7	-22 17.6	169	16.4	33	+19 18.3		36	0	17 54	18 16	18 42	19 1	63	6 28	63
13	17	25.5	17.9	183	38.6	32	21.7		35	10 S	18 11	34	19 0	16	64	14	62
14	32	25.2	18.3	198	0.9	33	25.1		33	20	18 29	53	22	33	63	5 58	62
15	47	25.0	18.6	212	23.1	32	28.3		32	30	18 50	19 17	50	51	64	41	60
16	62	24.7	18.9	226	45.2	31	31.3		31	35	19 2	31	20 7	20 2	64	30	60
17	77	24.5	-22 19.2	241	7.4	32	+19 34.3		29	40	19 16	19 48	20 29	20 15	64	5 18	59
18	92	24.2	-22 19.6	255	29.6	32	+19 37.0		28	45	19 33	20 10	20 58	20 29	64	5 5	57
19	107	24.0	19.9	269	51.7	31	39.6		26	50	19 54	37	21 39	48	64	4 48	56
20	122	23.7	20.2	284	13.8	31	42.1		25	52	20 4	51	22 3	56	64	40	55
21	137	23.4	20.5	298	35.9	31	44.4		23	54	20 16	21 8	36	21 6	64	31	54
22	152	23.2	20.8	312	58.0	31	46.5		22	56	20 29	27	** **	17	64	21	54
23	167	22.9	-22 21.2	327	20.1	31	48.5		20	58	20 44	53	** **	29	64	10	52
24	182	22.7	-22 21.5	341	42.2	31	+19 50.4		19	60 S	21 2	22 29	** **	21 43	64	3 57	50

MIERCOLES 6 DE DICIEMBRE DE 2017

Procivel, S.L.

UT	SOL			LUNA				PHE		Lat	SOL			LUNA			
	SD: 16.'2 PMG: $11^h51.^m1$			SD: 16.'6 Edad: $17.^d5$ PMG: $2^h19.^m3$				4^h: 60.'8 12^h: 60.'6 20^h: 60.'4 R.° 61^m			Puesta	Crepúsculo		Salida		Puesta	
	hG ⊙		Dec	hG ☾		Dif	Dec		Dif			Civil	Náutico	Hora	R.°	Hora	R.°
h	° ′		° ′	° ′			° ′			°	h m	h m	h m	h m	m	h m	m
0	182	16.5	-22 28.9	326	36.6	37	+19 49.4		19	60 N	14 57	15 53	16 49	18 36	82	11 9	40
1	197	16.2	29.2	340	59.3	37	47.5		20	58	15 13	16 4	56	49	80	10 56	42
2	212	15.9	29.5	355	22.0	37	45.5		22	56	15 27	13	17 2	19 0	78	44	44
3	227	15.7	29.8	9	44.7	38	43.3		23	54	15 39	22	8	10	76	34	45
4	242	15.4	30.1	24	7.5	39	41.0		25	52	15 50	30	13	19	75	25	47
5	257	15.2	-22 30.4	38	30.4		+19 38.5			50	15 59	16 37	17 18	19 27	73	10 17	48
6	272	14.9	-22 30.7	52	53.3	39	+19 35.9		26	45	16 19	16 52	17 29	19 44	70	9 60	50
7	287	14.6	31.0	67	16.2	39	33.1		28	40	16 35	17 5	39	57	69	45	52
8	302	14.4	31.3	81	39.3	41	30.2		29	35	16 48	16	47	20 9	67	33	54
9	317	14.1	31.6	96	2.3	40	27.2		30	30	17 0	26	56	19	65	23	55
10	332	13.8	31.9	110	25.5	42	24.0		32	20	17 20	44	18 11	37	62	5	56
11	347	13.6	-22 32.2	124	48.7	42	+19 20.7		33	10 N	17 38	18 1	18 27	20 52	60	8 49	58
12	2	13.3	-22 32.5	139	11.9	42	+19 17.2		35	0	17 55	18 17	18 43	21 6	58	8 34	60
13	17	13.0	32.7	153	35.2	43	13.6		36	10 S	18 12	35	19 2	20	56	19	62
14	32	12.8	33.0	167	58.6	44	9.9		37	20	18 30	54	23	35	54	3	64
15	47	12.5	33.3	182	22.1	45	6.0		39	30	18 51	19 18	51	53	51	7 45	65
16	62	12.2	33.6	196	45.6	45	2.1		40	35	19 4	33	20 9	22 3	50	34	66
17	77	12.0	-22 33.9	211	9.2	46	+18 57.9		41	40	19 18	19 50	20 31	22 15	47	7 22	67
18	92	11.7	-22 34.2	225	32.9	47	+18 53.7		43	45	19 35	20 12	21 0	22 28	46	7 7	69
19	107	11.4	34.5	239	56.6	47	49.3		44	50	19 57	40	42	45	42	6 49	72
20	122	11.2	34.8	254	20.4	48	44.8		45	52	20 7	54	22 7	52	42	41	72
21	137	10.9	35.0	268	44.3	49	40.2		46	54	20 18	21 11	43	23 1	40	31	74
22	152	10.6	35.3	283	8.3	50	35.4		48	56	20 32	31	** **	11	38	20	76
23	167	10.4	-22 35.6	297	32.3	50	30.5		49	58	20 47	58	** **	22	36	8	77
24	182	10.1	-22 35.9	311	56.4	51	+18 25.5		50	60 S	21 6	22 36	** **	23 34	34	5 54	79

ANEXO XXI

MARTES 5 DE DICIEMBRE DE 2017

Procivel, S.L.

UT	SOL SD: 16.2 PMG: 11h 56m.7			LUNA SD: 16.7 Edad: 16.5 PMG: 1h 16m.4				PHE 4h: 61.2 12h: 61.1 20h: 61.0 π: 63m		Lat	SOL Crepúsculo Nautico	SOL Crepúsculo Civil	SOL Salida	LUNA Salida Hora	LUNA Salida Rº	LUNA Puesta Hora	LUNA Puesta Rº
	hG ☉	Dec		hG ☾	Dif	Dec	Dif										
h	° '	° '		° '		° '				°	h m	h m	h m	h m	m	h m	m
0	182 22.7	-22 21.5		341 42.2	31	+19 50.4	17			60 N	6 52	7 47	8 43	17 23	73	10 13	56
1	197 22.4	21.8		356 4.3	31	52.1	15			58	45	37	8 27	37	72	9 59	57
2	212 22.2	22.1		10 26.4	31	53.6	14			56	39	27	8 13	49	71	47	57
3	227 21.9	22.4		24 48.5	31	55.0	12			54	33	19	8 1	18 0	70	36	58
4	242 21.7	22.8		39 10.6	31	56.3	11			52	28	11	7 51	10	69	27	58
5	257 21.4	-22 23.1		53 32.7	31	+19 57.4				50	6 23	7 4	7 42	18 18	69	9 18	59
6	272 21.1	-22 23.4		67 54.8	31	+19 58.3	9			45	6 12	6 49	7 22	18 36	68	9 0	60
7	287 20.9	23.7		82 17.0	32	59.1	8			40	3	36	7 7	51	66	8 45	60
8	302 20.6	24.0		96 39.1	31	59.7	6			35	5 54	25	6 53	19 3	66	33	60
9	317 20.4	24.3		111 1.2	31	+20 0.2	5			30	46	15	6 41	14	65	22	61
10	332 20.1	24.6		125 23.4	32	0.5	3			20	30	5 57	6 21	33	64	3	62
11	347 19.8	-22 24.9		139 45.6	32	+20 0.7	2			10 N	5 15	5 41	6 4	19 49	63	7 47	62
12	2 19.6	-22 25.3		154 7.8	32	+20 0.8	0			0	4 59	5 25	5 47	20 4	62	7 31	63
13	17 19.3	25.6		168 30.0	32	0.6	1			10 S	41	7	5 30	20	60	16	63
14	32 19.1	25.9		182 52.3	33	0.4	3			20	19	4 48	5 12	36	59	6 60	63
15	47 18.8	26.2		197 14.6	33	+19 59.9	4			30	3 51	24	4 51	55	58	41	64
16	62 18.6	26.5		211 36.9	33	59.4	6			35	34	10	4 39	21 6	57	30	64
17	77 18.3	-22 26.8		225 59.2	33	+19 58.6	7			40	3 12	3 52	4 25	21 19	56	6 17	64
18	92 18.0	-22 27.1		240 21.6	34	+19 57.8	9			45	2 43	3 31	4 8	21 33	55	6 2	65
19	107 17.8	27.4		254 44.0	34	56.8	10			50	2	3	3 47	52	53	5 44	65
20	122 17.5	27.7		269 6.5	35	55.6	12			52	1 38	2 49	3 36	22 0	52	35	65
21	137 17.2	28.0		283 28.9	34	54.3	13			54	4	33	3 25	10	51	25	66
22	152 17.0	28.3		297 51.5	36	52.8	15			56	** **	13	3 12	21	50	15	65
23	167 16.7	-22 28.6		312 14.0	35	51.2	16			58	** **	1 48	2 57	33	49	2	66
24	182 16.5	-22 28.9		326 36.6	36	+19 49.4	18			60 S	** **	1 11	2 38	22 47	47	4 48	66

UT	ARIES PMG 19h (0m.9)	VENUS Mag: -3.9 PMG: 11h 15m		MARTE Mag: +1.7 PMG: 8h 46m		JUPITER Mag: -1.7 PMG: 9h 41m		SATURNO Mag: +0.5 PMG: 12h 54m	
	hG ♈	hG ♀	Dec	hG ♂	Dec	hG ♃	Dec	hG ♄	Dec
h	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '	° '
0	73 59.0	191 17.3	-20 27.8	228 18.7	- 9 31.4	214 12.9	-14 25.6	165 54.6	-22 29.7
1	89 1.5	206 16.4	28.5	243 19.6	32.0	229 14.8	25.8	180 56.7	29.7
2	104 3.9	221 15.6	29.1	258 20.6	32.6	244 16.8	26.0	195 58.9	29.7
3	119 6.4	236 14.8	29.8	273 21.6	33.1	259 18.8	26.1	211 1.0	29.7
4	134 8.9	251 14.0	30.5	288 22.6	33.7	274 20.7	26.3	226 3.2	29.7
5	149 11.3	266 13.2	-20 31.1	303 23.6	- 9 34.3	289 22.7	-14 26.4	241 5.3	-22 29.7
6	164 13.8	281 12.4	-20 31.8	318 24.5	- 9 34.9	304 24.7	-14 26.6	256 7.5	-22 29.7
7	179 16.3	296 11.5	32.5	333 25.5	35.4	319 26.6	26.7	271 9.6	29.8
8	194 18.7	311 10.7	33.1	348 26.5	36.0	334 28.6	26.9	286 11.8	29.8
9	209 21.2	326 9.9	33.8	3 27.5	36.6	349 30.6	27.0	301 13.9	29.8
10	224 23.7	341 9.1	34.4	18 28.5	37.1	4 32.5	27.2	316 16.1	29.8
11	239 26.1	356 8.3	-20 35.1	33 29.4	- 9 37.7	19 34.5	-14 27.3	331 18.2	-22 29.8
12	254 28.6	11 7.4	-20 35.7	48 30.4	- 9 38.3	34 36.5	-14 27.5	346 20.4	-22 29.8
13	269 31.1	26 6.6	36.4	63 31.4	38.9	49 38.4	27.6	1 22.6	29.8
14	284 33.5	41 5.8	37.0	78 32.4	39.4	64 40.4	27.8	16 24.7	29.8
15	299 36.0	56 5.0	37.7	93 33.4	40.0	79 42.4	27.9	31 26.9	29.8
16	314 38.4	71 4.1	38.3	108 34.3	40.6	94 44.3	28.1	46 29.0	29.8
17	329 40.9	86 3.3	-20 39.0	123 35.3	- 9 41.1	109 46.3	-14 28.2	61 31.2	-22 29.8
18	344 43.4	101 2.5	-20 39.6	138 36.3	- 9 41.7	124 48.3	-14 28.4	76 33.3	-22 29.8
19	359 45.8	116 1.7	40.3	153 37.3	42.3	139 50.2	28.5	91 35.5	29.8
20	14 48.3	131 0.8	40.9	168 38.3	42.9	154 52.2	28.7	106 37.6	29.8
21	29 50.8	146 0.0	41.6	183 39.2	43.4	169 54.2	28.8	121 39.8	29.9
22	44 53.2	160 59.2	42.2	198 40.2	44.0	184 56.2	29.0	136 41.9	29.9
23	59 55.7	175 58.3	42.9	213 41.2	44.6	199 58.1	29.1	151 44.1	29.9
24	74 58.2	190 57.5	-20 43.5	228 42.2	- 9 45.1	215 0.1	-14 29.3	166 46.2	-22 29.9
Dif	—	-8	-7	+10	-6	+20	-2	+22	0

ANEXO XXII

POSICIONES APARENTES DE LAS ESTRELLAS, 2017 A.S.

Procivel, S.L.

Nº	NOMBRE	Mag	°	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
				′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′
1 −α And	*Alpheratz*	2.1	**357**	41.1	41.2	41.2	41.1	41.0	40.7	40.5	40.3	40.1	40.1	40.2	40.3
2 −β Cas	*Caph*	2.4	**357**	28.6	28.8	28.9	28.8	28.6	28.2	27.8	27.5	27.4	27.3	27.5	27.7
3 −γ Peg	*Algenib*	2.9	**356**	28.4	28.5	28.6	28.5	28.3	28.1	27.9	27.7	27.6	27.5	27.6	27.7
4 −α Phe	*Ankaa*	2.4	**353**	13.5	13.6	13.7	13.6	13.5	13.2	12.9	12.7	12.5	12.5	12.5	12.7
5 −α Cas	*Schedir*	2.5	**349**	37.7	38.0	38.1	38.0	37.8	37.5	37.1	36.8	36.6	36.6	36.6	36.8
6 −β Cet	*Diphda*	2.2	**348**	53.5	53.6	53.7	53.7	53.5	53.3	53.1	52.9	52.7	52.7	52.7	52.8
7 −γ Cas	*Navi*	2.8	**345**	33.7	34.0	34.1	34.1	33.9	33.5	33.1	32.8	32.5	32.4	32.5	32.7
8 −β And	*Mirach*	2.4	**342**	19.7	19.8	19.9	19.9	19.7	19.5	19.2	19.0	18.8	18.7	18.7	18.8
9 −α Eri	*Achernar*	0.6	**335**	25.0	25.3	25.4	25.5	25.4	25.2	24.8	24.5	24.2	24.1	24.1	24.3
10 −γ And	*Almak*	2.3	**328**	45.6	45.8	45.9	46.0	45.9	45.7	45.4	45.1	44.9	44.7	44.7	44.7
11 −α UMi	*Polaris*	2.1	**315**	88.6	103.1	115.1	62.5	62.0	114.1	101.5	86.4	72.0	62.0	57.9	61.1
12 −α Ari	*Hamal*	2.2	**327**	57.9	58.1	58.1	58.2	58.1	57.9	57.7	57.4	57.2	57.1	57.1	57.1
13 −θ Eri	*Acamar*	3.3	**315**	16.4	16.6	16.7	16.8	16.8	16.7	16.5	16.2	16.0	15.8	15.7	15.7
14 −α Cet	*Menkar*	2.8	**314**	12.4	12.5	12.6	12.7	12.6	12.5	12.3	12.1	11.9	11.7	11.6	11.6
15 −β Per	*Algol*	2.9	**312**	40.6	40.7	40.9	41.0	41.0	40.8	40.5	40.3	40.0	39.8	39.7	39.6
16 −α Per	*Mirfak*	1.9	**308**	36.5	36.7	36.9	37.1	37.0	36.9	36.6	36.3	35.9	35.7	35.5	35.5
17 −η Tau	*Alcyone*	3.0	**302**	52.3	52.5	52.6	52.7	52.7	52.6	52.4	52.1	51.9	51.7	51.6	51.5
18 −γ Eri	*Zaurak*	3.2	**300**	17.5	17.6	17.8	17.9	17.9	17.8	17.6	17.4	17.2	17.0	16.9	16.8
19 −α Tau	*Aldebaran*	1.1	**290**	46.3	46.4	46.6	46.7	46.7	46.6	46.5	46.2	46.0	45.8	45.6	45.6
20 −β Ori	*Rigel*	0.3	**281**	9.4	9.5	9.7	9.8	9.9	9.8	9.7	9.5	9.3	9.1	8.9	8.8
21 −α Aur	*Capella*	0.2	**280**	30.4	30.6	30.7	30.9	31.0	30.9	30.8	30.5	30.2	29.9	29.6	29.5
22 −γ Ori	*Bellatrix*	1.7	**278**	29.1	29.2	29.3	29.4	29.5	29.5	29.3	29.2	28.9	28.7	28.5	28.4
23 −β Tau	*Elnath*	1.8	**278**	9.2	9.3	9.4	9.6	9.6	9.6	9.5	9.2	9.0	8.7	8.5	8.4
24 −δ Ori	*Mintaka*	2.5	**276**	46.6	46.7	46.8	47.0	47.0	47.0	46.9	46.7	46.5	46.3	46.1	46.0
25 −ε Ori	*Alnilam*	1.8	**275**	43.6	43.7	43.8	43.9	44.0	44.0	43.9	43.7	43.5	43.3	43.1	43.0
26 −ζ Ori	*Alnitak*	2.0	**274**	35.5	35.6	35.7	35.8	35.9	35.9	35.8	35.6	35.4	35.2	35.0	34.9
27 −κ Ori	*Saiph*	2.2	**272**	51.3	51.4	51.5	51.6	51.7	51.7	51.6	51.4	51.2	51.0	50.8	50.7
28 −α Ori	*Betelgeuse*	0.6	**270**	58.4	58.4	58.5	58.7	58.7	58.7	58.6	58.5	58.2	58.0	57.8	57.7
29 −β Aur	*Menkalinan*	2.1	**269**	48.0	48.1	48.2	48.4	48.6	48.5	48.4	48.2	47.9	47.6	47.3	47.1
30 −β CMa	*Mirzam*	2.0	**264**	8.0	8.0	8.2	8.3	8.4	8.4	8.4	8.2	8.0	7.8	7.6	7.4
31 −α Car	*Canopus*	-0.9	**263**	54.5	54.7	54.9	55.2	55.4	55.5	55.4	55.3	55.0	54.7	54.4	54.2
32 −γ Gem	*Alhena*	1.9	**260**	19.3	19.4	19.5	19.6	19.7	19.7	19.6	19.5	19.3	19.0	18.8	18.6
33 −α CMa	*Sirius*	-1.6	**258**	31.2	31.3	31.4	31.6	31.7	31.7	31.6	31.5	31.3	31.1	30.9	30.7
34 −ε CMa	*Adhara*	1.6	**255**	10.2	10.3	10.4	10.6	10.7	10.8	10.7	10.6	10.4	10.2	10.0	9.8
35 −δ CMa	*Wezen*	2.0	**252**	43.4	43.4	43.6	43.7	43.9	43.9	43.9	43.8	43.6	43.4	43.1	43.0
36 −η CMa	*Aludra*	2.4	**248**	48.1	48.1	48.3	48.4	48.6	48.6	48.6	48.5	48.3	48.1	47.9	47.7
37 −α Gem	*Castor*	1.6	**246**	4.5	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.8	4.7	4.5	4.3	4.0	3.8
38 −α CMi	*Procyon*	0.5	**244**	56.9	56.9	56.9	57.1	57.2	57.2	57.2	57.1	56.9	56.7	56.5	56.3
39 −β Gem	*Pollux*	1.2	**243**	24.4	24.4	24.5	24.6	24.8	24.8	24.8	24.7	24.5	24.2	24.0	23.7
40 −ζ Pup		2.3	**238**	56.8	56.8	56.9	57.1	57.3	57.4	57.4	57.4	57.2	57.0	56.7	56.5
41 −γ Vel	*Regor*	1.9	**237**	28.6	28.6	28.8	29.0	29.2	29.3	29.4	29.3	29.1	28.9	28.6	28.3
42 −ε Car	*Avior*	1.7	**234**	16.3	16.3	16.5	16.8	17.1	17.4	17.5	17.4	17.2	16.9	16.5	16.2
43 −δ Vel		2.0	**228**	41.7	41.7	41.9	42.1	42.3	42.6	42.7	42.7	42.5	42.2	41.9	41.6
44 −ζ Hyd		3.3	**225**	55.4	55.3	55.4	55.5	55.6	55.6	55.7	55.6	55.5	55.3	55.1	54.9
45 −λ Vel	*Suhail*	2.2	**222**	50.2	50.1	50.2	50.4	50.5	50.7	50.8	50.8	50.6	50.4	50.2	49.9
46 −β Car	*Miaplacidus*	1.8	**221**	38.1	38.1	38.3	38.6	39.1	39.5	39.8	39.9	39.7	39.3	38.8	38.3
47 −ι Car	*Aspidiske*	2.3	**220**	36.1	36.0	36.1	36.4	36.7	36.9	37.1	37.1	37.0	36.7	36.4	36.0
48 −α Lyn		3.3	**219**	28.5	28.4	28.4	28.5	28.7	28.8	28.8	28.8	28.6	28.4	28.2	27.9
49 −α Hyd	*Alphard*	2.2	**217**	53.4	53.3	53.3	53.4	53.5	53.6	53.7	53.6	53.5	53.4	53.2	52.9
50 −α Leo	*Regulus*	1.3	**207**	40.7	40.6	40.6	40.6	40.7	40.8	40.9	40.9	40.8	40.6	40.4	40.2

ANEXO XXIII

Declinación

POSICIONES APARENTES DE LAS ESTRELLAS, 2017

Procivel, S.L.

N°	NOMBRE	Mag	°	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
				′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′	′
1 – α And	*Alpheratz*	2.1	+ 29	11.1	11.0	11.0	10.9	10.9	11.0	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.5
2 – β Cas	*Caph*	2.4	+ 59	14.8	14.7	14.6	14.5	14.4	14.4	14.5	14.6	14.8	15.0	15.1	15.1
3 – γ Peg	*Algenib*	2.9	+ 15	16.7	16.6	16.6	16.6	16.6	16.7	16.8	16.9	17.0	17.0	17.0	17.0
4 – α Phe	*Ankaa*	2.4	– 42	13.1	13.1	13.0	12.8	12.7	12.6	12.5	12.5	12.5	12.6	12.8	12.8
5 – α Cas	*Schedir*	2.5	+ 56	38.0	37.9	37.8	37.7	37.6	37.6	37.7	37.8	38.0	38.1	38.2	38.3
6 – β Cet	*Diphda*	2.2	– 17	53.8	53.8	53.8	53.7	53.6	53.5	53.4	53.3	53.3	53.4	53.4	53.5
7 – γ Cas	*Navi*	2.8	+ 60	48.7	48.6	48.5	48.4	48.3	48.3	48.3	48.4	48.6	48.8	48.9	49.0
8 – β And	*Mirach*	2.4	+ 35	42.7	42.6	42.6	42.5	42.4	42.5	42.5	42.6	42.8	42.9	43.0	43.0
9 – α Eri	*Achernar*	0.6	– 57	9.4	9.4	9.3	9.1	8.9	8.8	8.7	8.7	8.7	8.9	9.0	9.1
10 – γ And	*Almak*	2.3	+ 42	24.7	24.7	24.6	24.5	24.5	24.4	24.5	24.6	24.7	24.8	24.9	25.0
11 – α UMi	*Polaris*	2.1	+ 89	20.4	20.4	20.3	20.2	20.0	19.9	19.8	19.9	20.0	20.1	20.3	20.5
12 – α Ari	*Hamal*	2.2	+ 23	32.5	32.5	32.4	32.4	32.4	32.4	32.5	32.6	32.6	32.7	32.8	32.8
13 – θ Eri	*Acamar*	3.3	– 40	14.6	14.6	14.6	14.5	14.3	14.1	14.0	13.9	13.9	14.0	14.1	14.3
14 – α Cet	*Menkar*	2.8	+ 4	9.2	9.1	9.1	9.1	9.2	9.3	9.3	9.4	9.5	9.5	9.5	9.4
15 – β Per	*Algol*	2.9	+ 41	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4
16 – α Per	*Mirfak*	1.9	+ 49	55.3	55.3	55.2	55.2	55.1	55.0	55.0	55.0	55.1	55.2	55.3	55.4
17 – η Tau	*Alcyone*	3.0	+ 24	9.3	9.3	9.3	9.2	9.2	9.2	9.3	9.3	9.4	9.4	9.5	9.5
18 – γ Eri	*Zaurak*	3.2	– 13	27.9	28.0	28.0	27.9	27.8	27.7	27.6	27.5	27.5	27.5	27.6	27.7
19 – α Tau	*Aldebaran*	1.1	+ 16	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.4	32.5	32.5	32.5	32.5	32.5
20 – β Ori	*Rigel*	0.3	– 8	11.2	11.3	11.3	11.3	11.2	11.1	11.0	10.9	10.9	10.9	11.0	11.1
21 – α Aur	*Capella*	0.2	+ 46	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8
22 – γ Ori	*Bellatrix*	1.7	+ 6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.7	21.7	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8
23 – β Tau	*Elnath*	1.8	+ 28	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1
24 – δ Ori	*Mintaka*	2.5	– 0	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.4	17.3	17.3	17.2	17.2	17.3	17.3
25 – ε Ori	*Alnilam*	1.8	– 1	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.7	11.6	11.5	11.5	11.5	11.6	11.6
26 – ζ Ori	*Alnitak*	2.0	– 1	56.3	56.3	56.4	56.4	56.3	56.2	56.2	56.1	56.0	56.1	56.1	56.2
27 – κ Ori	*Saiph*	2.2	– 9	40.1	40.2	40.2	40.2	40.1	40.0	39.9	39.9	39.8	39.8	39.9	40.0
28 – α Ori	*Betelgeuse*	0.6	+ 7	24.3	24.3	24.3	24.3	24.3	24.4	24.4	24.5	24.5	24.5	24.5	24.4
29 – β Aur	*Menkalinan*	2.1	+ 44	56.7	56.8	56.8	56.8	56.8	56.7	56.7	56.6	56.6	56.6	56.6	56.7
30 – β CMa	*Mirzam*	2.0	– 17	58.2	58.2	58.3	58.3	58.2	58.1	58.0	57.9	57.8	57.8	57.9	58.0
31 – α Car	*Canopus*	-0.9	– 52	42.6	42.7	42.8	42.8	42.7	42.5	42.4	42.2	42.1	42.1	42.2	42.4
32 – γ Gem	*Alhena*	1.9	+ 16	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.8
33 – α CMa	*Sirius*	-1.6	– 16	44.7	44.7	44.8	44.8	44.7	44.6	44.5	44.4	44.4	44.4	44.5	44.6
34 – ε CMa	*Adhara*	1.6	– 28	60.0	60.1	60.2	60.2	60.1	60.0	59.9	59.7	59.7	59.7	59.7	59.9
35 – δ CMa	*Wezen*	2.0	– 26	25.5	25.6	25.6	25.7	25.6	25.5	25.4	25.3	25.2	25.2	25.3	25.4
36 – η CMa	*Aludra*	2.4	– 29	20.4	20.5	20.6	20.6	20.6	20.5	20.4	20.2	20.1	20.1	20.2	20.3
37 – α Gem	*Castor*	1.6	+ 31	50.8	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.8	50.8	50.7	50.7	50.7
38 – α CMi	*Procyon*	0.5	+ 5	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.6
39 – β Gem	*Pollux*	1.2	+ 27	58.8	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9	58.8	58.8	58.8	58.7
40 – ζ Pup		2.3	– 40	3.2	3.4	3.5	3.5	3.5	3.4	3.3	3.1	3.0	3.0	3.1	3.2
41 – γ Vel	*Regor*	1.9	– 47	23.4	23.5	23.6	23.7	23.7	23.6	23.4	23.3	23.2	23.1	23.2	23.3
42 – ε Car	*Avior*	1.7	– 59	33.9	34.1	34.3	34.3	34.3	34.2	34.1	33.9	33.8	33.7	33.8	33.9
43 – δ Vel		2.0	– 54	46.3	46.5	46.6	46.7	46.7	46.6	46.5	46.3	46.2	46.1	46.2	46.3
44 – ζ Hyd		3.3	+ 5	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.7	52.7	52.7	52.7	52.6	52.5
45 – λ Vel	*Suhail*	2.2	– 43	30.1	30.3	30.4	30.5	30.5	30.5	30.3	30.2	30.1	30.0	30.1	30.2
46 – β Car	*Miaplacidus*	1.8	– 69	47.2	47.4	47.6	47.7	47.7	47.7	47.5	47.4	47.2	47.1	47.1	47.2
47 – ι Car	*Aspidiske*	2.3	– 59	20.8	21.0	21.1	21.2	21.3	21.2	21.1	21.0	20.8	20.7	20.7	20.8
48 – α Lyn		3.3	+ 34	19.0	19.0	19.1	19.1	19.2	19.2	19.1	19.1	19.0	18.9	18.8	18.8
49 – α Hyd	*Alphard*	2.2	– 8	44.1	44.2	44.2	44.3	44.2	44.2	44.1	44.1	44.0	44.0	44.1	44.2
50 – α Leo	*Regulus*	1.3	+ 11	52.9	52.8	52.8	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.8	52.7

ANEXO XXIV

JUEVES 30 DE NOVIEMBRE DE 2017

Procivel, S.L.

UT	SOL SD: 16.2 PMG: 11h48m7			LUNA SD: 16.0 Edad: 11d5 PMG: 21h20m3				PHE 4h: 58.9 12h: 59.2 20h: 59.5 R: 54m	
	hG ☉	Dec		hG ☾	Dif	Dec	Dif		
h	° ′	° ′		° ′		° ′			
0	182 51.6	-21 38.0		50 56.0	107	+ 2 56.8	117		
1	197 51.3	38.4		65 25.7	106	+ 3 8.5	117		
2	212 51.1	38.8		79 55.3	106	20.3	117		
3	227 50.9	39.2		94 24.9	105	32.0	117		
4	242 50.7	39.6		108 54.4	105	43.8	117		
5	257 50.4	-21 40.0		123 23.9	103	+ 3 55.5	117		
6	272 50.2	-21 40.4		137 53.2	103	+ 4 7.2	117		
7	287 50.0	40.8		152 22.5	103	19.0	117		
8	302 49.8	41.2		166 51.8	102	30.7	117		
9	317 49.5	41.6		181 21.0	101	42.4	117		
10	332 49.3	42.0		195 50.1	101	54.1	117		
11	347 49.1	-21 42.4		210 19.2	99	+ 5 5.8	117		
12	2 48.9	-21 42.8		224 48.1	100	+ 5 17.5	117		
13	17 48.6	43.2		239 17.1	98	29.2	117		
14	32 48.4	43.6		253 45.9	98	40.8	116		
15	47 48.2	44.0		268 14.7	97	52.4	116		
16	62 47.9	44.4		282 43.4	96	+ 6 4.1	116		
17	77 47.7	-21 44.8		297 12.0	96	+ 6 15.7	116		
18	92 47.5	-21 45.2		311 40.6	95	+ 6 27.3	116		
19	107 47.3	45.6		326 9.1	94	38.8	115		
20	122 47.0	45.9		340 37.5	94	50.4	115		
21	137 46.8	46.3		355 5.9	92	+ 7 1.9	115		
22	152 46.6	46.7		9 34.1	92	13.4	115		
23	167 46.3	-21 47.1		24 2.3	91	24.8	114		
24	182 46.1	-21 47.5		38 30.4		+ 7 36.3			

Lat	SOL Puesta	Crepúsculo Civil	Crepúsculo Náutico	LUNA Salida Hora	Salida R.º	Puesta Hora	Puesta R.º
°	h m	h m	h m	h m	m	h m	m
60 N	15 4	15 58	16 53	14 27	18	3 6	88
58	15 19	16 8	59	30	21	4	85
56	15 32	17	17 5	33	23	2	83
54	15 43	25	10	35	26	1	80
52	15 53	32	15	37	28	2 59	79
50	16 2	16 39	17 20	14 39	30	2 58	77
45	16 20	16 53	17 30	14 44	33	2 55	73
40	16 36	17 6	39	48	36	53	69
35	16 48	16	47	51	40	51	66
30	17 0	26	55	54	42	49	64
20	17 19	43	18 10	59	46	46	60
10 N	17 36	17 59	18 25	15 4	50	2 44	55
0	17 52	18 15	18 41	15 8	53	2 41	52
10 S	18 9	31	58	12	57	39	48
20	18 26	50	19 19	17	61	36	44
30	18 46	19 13	46	22	65	33	40
35	18 58	27	20 3	25	68	31	38
40	19 12	19 44	20 24	15 29	70	2 29	35
45	19 29	20 5	20 52	15 33	74	2 27	31
50	19 49	31	21 31	38	78	24	28
52	19 59	45	53	40	80	23	26
54	20 10	21 0	22 23	43	82	21	24
56	20 22	19	23 22	46	84	20	22
58	20 37	42	** **	49	87	18	20
60 S	20 54	22 15	** **	15 52	90	2 16	17

UT	ARIES PMG 19h20m6	VENUS Mag: -3.9 PMG: 11h 9m		MARTE Mag: +1.7 PMG: 8h54m		JUPITER Mag: -1.7 PMG: 9h57m		SATURNO Mag: +0.5 PMG: 13h11m	
	hG ♈	hG ♀	Dec	hG ♂	Dec	hG ♃	Dec	hG ♄	Dec
h	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′	° ′
0	69 3.3	192 51.7	-19 0.8	226 20.4	- 8 21.9	210 17.3	-14 7.0	161 36.0	-22 28.7
1	84 5.8	207 50.9	1.6	241 21.4	22.5	225 19.3	7.1	176 38.2	28.7
2	99 8.2	222 50.2	2.4	256 22.4	23.1	240 21.3	7.3	191 40.3	28.7
3	114 10.7	237 49.4	3.2	271 23.4	23.7	255 23.2	7.5	206 42.5	28.7
4	129 13.2	252 48.7	4.0	286 24.4	24.3	270 25.2	7.6	221 44.6	28.8
5	144 15.6	267 47.9	-19 4.7	301 25.4	- 8 24.9	285 27.1	-14 7.8	236 46.8	-22 28.8
6	159 18.1	282 47.1	-19 5.5	316 26.4	- 8 25.4	300 29.1	-14 7.9	251 49.0	-22 28.8
7	174 20.6	297 46.4	6.3	331 27.4	26.0	315 31.1	8.1	266 51.1	28.8
8	189 23.0	312 45.6	7.1	346 28.4	26.6	330 33.0	8.2	281 53.3	28.8
9	204 25.5	327 44.9	7.8	1 29.3	27.2	345 35.0	8.4	296 55.4	28.8
10	219 28.0	342 44.1	8.6	16 30.3	27.8	0 36.9	8.6	311 57.6	28.8
11	234 30.4	357 43.3	-19 9.4	31 31.3	- 8 28.4	15 38.9	-14 8.7	326 59.7	-22 28.8
12	249 32.9	12 42.6	-19 10.2	46 32.3	- 8 28.9	30 40.9	-14 8.9	342 1.9	-22 28.8
13	264 35.3	27 41.8	10.9	61 33.3	29.5	45 42.8	9.0	357 4.0	28.8
14	279 37.8	42 41.0	11.7	76 34.3	30.1	60 44.8	9.2	12 6.2	28.8
15	294 40.3	57 40.3	12.5	91 35.3	30.7	75 46.7	9.3	27 8.4	28.9
16	309 42.7	72 39.5	13.2	106 36.3	31.3	90 48.7	9.5	42 10.5	28.9
17	324 45.2	87 38.8	-19 14.0	121 37.2	- 8 31.9	105 50.7	-14 9.7	57 12.7	-22 28.9
18	339 47.7	102 38.0	-19 14.8	136 38.2	- 8 32.5	120 52.6	-14 9.8	72 14.8	-22 28.9
19	354 50.1	117 37.2	15.5	151 39.2	33.0	135 54.6	10.0	87 17.0	28.9
20	9 52.6	132 36.5	16.3	166 40.2	33.6	150 56.5	10.1	102 19.1	28.9
21	24 55.1	147 35.7	17.0	181 41.2	34.2	165 58.5	10.3	117 21.3	28.9
22	39 57.5	162 34.9	17.8	196 42.2	34.8	181 0.5	10.5	132 23.5	28.9
23	54 60.0	177 34.2	18.6	211 43.2	35.4	196 2.4	10.6	147 25.6	28.9
24	70 2.5	192 33.4	-19 19.3	226 44.2	- 8 36.0	211 4.4	-14 10.8	162 27.8	-22 28.9
Dif	—		-8		+10		-6		+22
			-8		-6		+20		-2
									0

AVISO RESPONSABILIDAD

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo."

BIBLIOGRAFÍA

Sobel, D., 1997. *Longitud.* s.l.:Debate.

FRANCISCO Graiño, F. C. H. H. L. D. R. L., 1980. *Colección de Tablas Náuticas.* s.l.:LA VOZ.

Burch, D. F., 2008. *The Star Finder Book, Second edition.* s.l.:Starpath.

Caldas, F. J. D., s.f. *Instrucción para el uso del octante de Hadley.* s.l.:s.n.

Fernando, R. I. y. O. d. l. A. e. S., 2017. Correcciones a las altura observadas. En: M. d. Defensa, ed. *Almanaque Náutico.* s.l.:Pd, Publicaciones de defensa, p. 412.

Graiño, F. C. H. H. L. D. R. L., 1980. *Colección de Tablas Náuticas.* s.l.:LA VOZ.

Hipparcos, 1993. I/196. En: *Versión 2 de las efemérides de las estrellas para enero del año 2000.* s.l.:Turon +.

Meeus, J. H., 1991. *Astronomical algorithms.* [En línea].

Muñoz Box, F., 2013. *Data Juliana. Simplificar el calendario..* s.l.:s.n.

Sobel, D., 1997. *Longitud.* s.l.:Debate.

Umland, H., 1997. *A short guide to celestial navigation. Long term almanac for Moon, Stars and Lunar Distances 1.15..* [En línea]
Available at: www.celnav.de/page3.htm
[Último acceso: 31 octubre 2017 (Actualización: 14 julio 2017)].

Wikipedia, 2017. *En.wikipedia.org.* [En línea]
Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Numeric_precision_in_Microsoft_Excel
[Último acceso: 28 Noviembre 2017].

Marrero, J. P., & Rodríguez, E. M. 2010. *Astronomía náutica y navegación*. Servicio de Publicaciones, Universidad de La Laguna.

Vasco, P. 2009. UPV/EHU", Itsas Memoria. Revista de Estudios Marítimos del País Vasco.

González-Aller Rodríguez, G. 2015. *Sistema automático de geolocalización basado en los astros: módulo de procesamiento y presentación de datos* (Doctoral dissertation, Centro Universitario de la Defensa, ENM).

Galindo Bohórquez, Á. M. *Propuesta didáctica para la enseñanza de la identificación y posicionamiento de algunos astros, empleando el software Stellarium, en estudiantes de educación media* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).

LGonzález, F. J. G. 2006. Del "Arte de marear" a la navegación astronómica: Técnicas e instrumentos de navegación en la España de la Edad Moderna. *Cuadernos de Historia Moderna*, 135-166.

Marrero, J. A. G., & Hernández, C. M. 2009. Técnicas astronómicas de orientación e instrumentos náuticos en la navegación medieval. *Fortunatae: Revista canaria de filología, cultura y humanidades clásicas*, (20), 17-30.

Bermejo Díaz, A. C. 2014. Navegación marítima, estudios de náutica y experiencias bajo las estrellas.

García, M. S. 2000. *Navegación astronómica en la España del siglo XVIII*. Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED.

Mederos, L. 2008. Navegación Astronómica. Noray.

Moreu, J. M., & Martinez, E. 1968. *Astronomía y navegación. Tomo I*. publisher not identified.

Moreu, J. M., & Martinez, E. 1968. *Astronomía y navegación. Tomo II*. publisher not identified.

Moreu, J. M. (1977). Problemas de navegación. Publisher not identified.

Pérez, R., & María, D. 2014. Identificación de los cuerpos celestes en la mar.

Ibáñez Fernández, I. 2011. Evolución de la Navegación Astronómica en el siglo XIX. Universidad del País Vasco.

Louzán Lago, F. 2005. Génesis y evolución de los instrumentos de alturas usados en navegación: análisis de los errores cometidos durante las observaciones.

Gonzabay, T., Andrès, P., & Quinde Mero, J. L. 2012. *El sextante marino* (Bachelor's thesis).

Ibáñez Fernandez, I. 2016. Navegación Astronómica: Compendio y cálculos. Universidad del País Vasco.

Navegación Astronómica, 2017. *En.wordpress.com.* [En línea]
Available at: https://layo.wordpress.com/category/navegacion-astronomica/
[Último acceso: 01 Diciembre 2017].

Catálogo estrellas, 2017. [En línea]
Available at: www.simbad.u-strasgb.fr/simbad/sim-fbasic
[Último acceso: 15 Octubre 2017].

Wikipedia, 2017. *En.wikipedia.org.* [En línea]
Available at: https://es.wikipedia.org/wiki/Refracci%C3%B3n_atmosf%C3%A9rica
[Último acceso: 30 Noviembre 2017].

Brown's nautical Almanc 2002. Brown, Son & Ferbuson, LTD.

The Nautical Almanac 1992. Her Majesty's Stationery Office (HMSO).

Real Instituto y Observatorio de la Armada de San Fernando, 2015. Almanaque Náutico con suplemento para la navegación aérea. Ministerio de Defensa.

Real Instituto y Observatorio de la Armada de San Fernando, 2017. Almanaque Náutico con suplemento para la navegación aérea. Ministerio de Defensa.

Fecha						
	Día=	29	elev. Obs.	15	m	
	Mes =	1	Error índice (dcha +; izq -)	-0,4	'	
	Año	2018	Adelanto oficial/ Zona	0	h	
TU	Hora	18	Retardo observador	0	segundos	
	Minutos	52				
	Segundos	49				

SITUACIÓN ESTIMADA	grados	minutos
Latitud (N+ ; S -)	43	28
Longitud (E+ ; W -)	-15	30
Rumbo		°
Velocidad		Kn

Estrella
Polaris
Dubhe
CAPELLA
POLLUX
Elnath
BETELGEUSE
Bellatrix
Alnilam
ALDEBARAN
RIGEL
Menkar
Diphda
Markab
Alpheratz
Enif
DENEB
Eltanin
Kochab

Azimut est.	Altura est. Instrumental	Altura est.	Ternas a observar
0	44° 15,4'	44° 7,1'	
23	22° 52,1'	22° 42,5'	
70	59° 58'	59° 50,2'	
75	25° 55,6'	25° 46,3'	
97	51° 15,7'	51° 7,7'	
112	32° 1,7'	31° 52,9'	
120	36° 7,7'	35° 59,1'	Bellatrix, Markab, Polaris
123	28° 30'	28° 20,9'	Alnilam, Markab, Polaris
124	51° 35,9'	51° 27,8'	ALDEBARAN, Markab, Polaris
132	25° 54,1'	25° 44,8'	RIGEL, Markab, Dubhe
166	50° 0,1'	49° 52'	
207	24° 28,3'	24° 18,9'	Diphda, Eltanin, Elnath
253	39° 7,2'	38° 58,8'	Markab, Kochab, RIGEL
254	59° 17,7'	59° 9,8'	
264	21° 10,6'	21° 0,8'	
305	31° 42,6'	31° 33,8'	
329	15° 27,8'	15° 17,1'	
358	27° 46'	27° 36,9'	

Día Juliano		Horario en G Aries			Aproximados
D=	29	T	0,180788136	Theta	2383972,177
M	1	T2	0,03268435	GHA	52,17692094
Y	2018	T3	0,005908943		
H	18				
Mi	52			Horario en Greenwich de Aries	
S	49				52,17416284
Delta T	0			**GHA real**	**52,17416284**
					52° 10,4'
D2	29,78667824	TE	0,180788136		
Y2	2017	TE2	0,03268435		
M2	13	TE3	0,005908943		
A	20				
B	-13	Tau	0,018078814		
JD	2458148,287	Tau2	0,000326844		
		Tau3	5,90894E-06		
JDE	2458148,287	Tau4	1,06827E-07		
		Tau5	1,9313E-09		
		L0	6788,978549	308,978549	
Mm	366,8571456	86235,941	195,9410136		
M	745,7289375	6443,28918	323,2891776		
F	330,4639955	87342,3644	222,3644077		
D	516,8615393	80443,4891	163,4891266		
Omega	-224,6243	325,418645	325,4186453		

	grados	radianes
latitud	43,46666667	0,75863645
Longitud	15,5	0,27052603

Número AN	Estrella	AS sexag.	dec. Sexag	AS decimal	dec. d.
13	Acamar	315° 15,9'	-40° 14,4'	315,265369	-40,2398762
9	ACHERNAR	335° 24,6'	-57° 9,2'	335,41055	-57,1525573
57	Acrux	173° 5,3'	-63° 11,6'	173,08897	-63,193986
34	Adhara	255° 9,7'	-29° 0,1'	255,161735	-29,0014917
19	ALDEBARAN	290° 45,6'	16° 32,5'	290,759764	16,5419812
61	Alioth	166° 17,8'	55° 51,5'	166,296139	55,8585352
66	Alkaid	152° 56,4'	49° 13,2'	152,939741	49,2203573
95	Al Na'ir	27° 40,3'	-46° 52,5'	27,6714029	-46,8756476
25	Alnilam	275° 42,9'	-1° 11,7'	275,715701	-1,19525636
49	Alphard	217° 52,7'	-8° 44,4'	217,877998	-8,73923985
74	Alphecca	126° 8,5'	26° 39,2'	126,141125	26,6532804
1	Alpheratz	357° 40,4'	29° 11,4'	357,673856	29,1898883
88	ALTAIR	62° 5,5'	8° 55'	62,0917418	8,91672885
4	Ankaa	353° 12,9'	-42° 12,8'	353,214786	-42,2138128
76	ANTARES	112° 22,6'	-26° 28,1'	112,376449	-26,4675942
69	ARCTURUS	145° 52,9'	19° 5,3'	145,881117	19,0877859
77	Atria	107° 21,9'	-69° 3,1'	107,364913	-69,0524498
42	Avior	234° 16'	-59° 34,2'	234,267373	-59,5698821
22	Bellatrix	278° 28,4'	6° 21,7'	278,473495	6,36158448
28	BETELGEUSE	270° 57,6'	7° 24,4'	270,960661	7,40609318
31	CANOPUS	263° 54,3'	-52° 42,7'	263,904594	-52,7110888
21	CAPELLA	280° 29,5'	46° 0,9'	280,491262	46,0144102
91	DENEB	49° 29,8'	45° 20,7'	49,4963449	45,3455221
55	Denebola	182° 30,3'	14° 28,2'	182,50439	14,4695429
6	Diphda	348° 52,9'	-17° 53,5'	348,881818	-17,8921264
54	Dubhe	193° 47,4'	61° 39'	193,790193	61,6497872
23	Elnath	278° 8,4'	28° 37,2'	278,139702	28,6196243
84	Eltanin	90° 45,1'	51° 29,1'	90,751739	51,485751
93	Enif	33° 44,4'	9° 57,4'	33,7392102	9,95749999
97	FOMALHAUT	15° 20,9'	-29° 31,8'	15,3475492	-29,529674
58	Gacrux	171° 57'	-57° 12,6'	171,950422	-57,2094337
56	Gienah	175° 48,9'	-17° 38,5'	175,814425	-17,6408532
67	HADAR	148° 43,3'	-60° 27,2'	148,721074	-60,4531481
12	Hamal	327° 57,2'	23° 32,8'	327,953704	23,5459658
85	Kaus Aust,	83° 40'	-34° 22,3'	83,6666326	-34,3722754
72	Kochab	137° 20,3'	74° 4,7'	137,338998	74,07795
99	Markab	13° 35,5'	15° 18,1'	13,5909512	15,3016282
14	Menkar	314° 11,7'	4° 9,4'	314,195193	4,15638947
68	Menkent	148° 3,8'	-36° 27,2'	148,063249	-36,4540179
46	Miaplacidus	221° 38'	-69° 47,5'	221,633251	-69,7916768
16	Mirfak	308° 35,7'	49° 55,5'	308,594631	49,9250842
87	Nunki	75° 54,8'	-26° 16,3'	75,9129861	-26,2715456
90	Peacock	53° 15'	-56° 40,5'	53,2494532	-56,6755533
11	Polaris	316° 18,1'	89° 20,6'	316,301206	89,3436857
39	POLLUX	243° 23,6'	27° 58,7'	243,392621	27,979147
38	PROCYON	244° 56,1'	5° 10,5'	244,935622	5,17487824
82	Rasalhague	96° 3,8'	12° 32,9'	96,0630803	12,5478292
50	REGULUS	207° 39,9'	11° 52,6'	207,6648	11,8764477

20	RIGEL	281° 8,8'	-8° 11,2'	281,14699	-8,18612805
70	RIGIL KENT	139° 47,5'	-60° 54,2'	139,791992	-60,9026959
79	Sabik	102° 9,2'	-15° 44,6'	102,15271	-15,744017
5	Schedar	349° 37,1'	56° 38,3'	349,618684	56,6380876
81	Shaula	96° 17,9'	-37° 6,7'	96,2990767	-37,1121099
33	SIRIUS	258° 30,7'	-16° 44,7'	258,511031	-16,7457743
65	SPICA	158° 27,8'	-11° 15,2'	158,463975	-11,2537316
45	Suhail	222° 49,6'	-43° 30,4'	222,827482	-43,5070317
86	VEGA	80° 37,2'	38° 48'	80,6200766	38,8002489
71	Zubenelgenubi	137° 2'	-16° 6,8'	137,032731	-16,1136254

Ghstar s.	Ghstar d.	Lhstar d.	P	sen a	a	cot Z
7° 26,4'	7,43953226	351,939532	-8,06046774	0,10414746	5,97805059	-9,23796238
27° 35,1'	27,5847132	12,0847132	12,0847132	-0,19300505	-11,1282079	-8,58255542
225° 15,8'	225,263133	209,763133	-150,236867	-0,89813348	-63,9137961	-1,6905822
-52° 39,8'	-52,6641026	291,835897	-68,1641026	-0,09743041	-5,59122134	-0,7090786
-17° 4'	-17,0660736	327,433926	-32,5660736	0,78221285	51,4636305	-0,67662255
218° 28,2'	218,470302	202,970302	-157,029698	0,19433638	11,2059596	4,3655674
205° 6,8'	205,113904	189,613904	-170,386096	0,05353788	3,06896162	9,09952201
79° 50,7'	79,8455658	64,3455658	64,3455658	-0,28730767	-16,6968385	-1,19006956
-32° 6,6'	-32,1101359	312,389864	-47,6101359	0,47484031	28,3489533	-0,64844812
-89° 56,9'	-89,9478396	254,55216	-105,44784	-0,29559659	-17,1933152	0,07435675
178° 18,9'	178,315288	162,815288	162,815288	-0,31109455	-18,1252056	3,45742363
49° 50,9'	49,8480186	34,3480186	34,3480186	0,85863095	59,1632121	-0,28804642
114° 16'	114,265905	98,7659046	98,7659046	-0,00264098	-0,15131699	0,22129464
45° 23,3'	45,3889487	29,8889487	29,8889487	0,00382185	0,21897663	-2,51814587
164° 33'	164,550612	149,050612	149,050612	-0,86380591	-59,7466342	0,44458291
198° 3,3'	198,05528	182,55528	-177,44472	-0,46022343	-27,401526	21,048196
159° 32,3'	159,539075	144,039075	144,039075	-0,85248855	-58,4833782	-2,28030079
-73° 33,5'	-73,5584642	270,941536	-89,0584642	-0,58712768	-35,9534438	-1,24703712
-29° 21,1'	-29,3523418	315,147658	-44,8523418	0,58757761	35,9852958	-0,57675887
-36° 51,9'	-36,8651762	307,634824	-52,3651762	0,52815534	31,8809031	-0,4113171
-43° 55,3'	-43,9212431	300,578757	-59,4212431	-0,32362787	-18,8824656	-1,51355346
-27° 20,1'	-27,3345747	317,165425	-42,8345747	0,86459556	59,8365556	0,3639822
101° 40,2'	101,670508	86,1705078	86,1705078	0,52343436	31,5629051	0,69017723
-125° 19,3'	-125,321447	219,178553	-140,821447	-0,37287077	-21,8927742	1,14059528
41° 3,4'	41,0559809	25,5559809	25,5559809	0,41175057	24,3148503	-1,98180598
-114° 2,1'	-114,035644	230,464356	-129,535644	0,38603878	22,7082439	2,31188689
-29° 41,2'	-29,6861349	314,813865	-45,1861349	0,77854552	51,1275968	-0,12522
142° 55,6'	142,925902	127,425902	127,425902	0,26361129	15,2844516	1,67481663
85° 54,8'	85,913373	70,413373	70,413373	0,35859329	21,0138302	-0,10953635
67° 31,3'	67,521712	52,021712	52,021712	0,04953556	2,83934067	-1,05861634
224° 7,5'	224,124585	208,624585	-151,375415	-0,92333157	-67,4181001	-1,0911541
227° 59,3'	227,988588	212,488588	-147,511412	-0,79187908	-52,3614624	0,65062446
200° 53,7'	200,895237	185,395237	-174,604763	-0,95478812	-72,705264	-6,33310554
20° 7,7'	20,1278672	4,62786725	4,62786725	0,93799589	69,7176714	-4,5786337
135° 50,4'	135,840795	120,340795	120,340795	-0,69098729	-43,7083125	-0,17256393
189° 30,8'	189,513161	174,013161	174,013161	0,46352512	27,6148119	30,9522084
65° 45,9'	65,765114	50,265114	50,265114	0,62904038	38,9793588	-0,31362335
6° 22,2'	6,36935554	350,869356	-9,13064446	0,76455454	49,8673779	-3,9478775
200° 14,2'	200,237412	184,737412	-175,262588	-0,99052489	-82,1064333	1,80941287
-86° 11,6'	-86,1925861	258,307414	-101,692586	-0,69639385	-44,1383935	-1,87112484
0° 46,1'	0,76879415	345,268794	-14,7312059	0,97829511	78,0407184	0,77602667
128° 5,2'	128,087149	112,587149	112,587149	-0,55446398	-33,6738028	-0,10183628
105° 25,4'	105,423616	89,923616	89,923616	-0,57428624	-35,0496627	-1,10477783
8° 28,5'	8,47536872	352,975369	-7,02463128	0,69613837	44,1180003	512,47855
-64° 26'	-64,433216	280,066784	-79,933216	0,43477823	25,771183	0,26946316
-62° 53,4'	-62,8902156	281,609784	-78,3902156	0,20751205	11,9765916	-0,07423199
148° 14,2'	148,237243	132,737243	132,737243	-0,33131703	-19,3487336	0,85556879
-100° 9,7'	-100,161037	244,338963	-115,661037	-0,16598829	-9,55465082	0,49983786

-26° 40,7'	-26,678847	317,821153	-42,178847	0,43440281	25,7473001	-0,91474148
191° 58'	191,966155	176,466155	176,466155	-0,953381	-72,4361019	-10,0178209
154° 19,6'	154,326873	138,826873	138,826873	-0,71247591	-45,4367211	0,47576776
41° 47,6'	41,7928469	26,2928469	26,2928469	0,9324002	68,8121081	1,0961024
148° 28,4'	148,47324	132,97324	132,97324	-0,80960729	-54,0575799	-0,10962084
-49° 18,9'	-49,314806	295,185194	-64,814806	0,09754163	5,59762386	-0,56481449
210° 38,3'	210,638138	195,138138	-164,861862	-0,82137199	-55,222372	1,9898586
-84° 59,9'	-84,9983549	259,501645	-100,498355	-0,56951607	-34,716487	-0,57315197
132° 47,7'	132,794239	117,294239	117,294239	0,17169177	9,8861966	1,01163337
189° 12,4'	189,206894	173,706894	173,706894	-0,88399067	-62,1275675	4,32529511

cotg Z +	Z previo	Z	Criterio	Estrella	Altura est.
9,23796238	6,17815307	173,821847			
8,58255542	6,64587514	186,645875			
1,6905822	30,6048327	149,395167			
0,7090786	54,6603623	125,339638			
0,67662255	55,9168317	124,083168	Visible	ALDEBARAN	51° 27,8'
4,3655674	12,9018904	12,9018904			
9,09952201	6,27140424	6,27140424			
1,19006956	40,0398996	220,0399			
0,64844812	57,0386839	122,961316	Visible	Alnilam	28° 20,9'
0,07435675	85,7474976	85,7474976			
3,45742363	16,1315985	343,868401			
0,28804642	73,9311438	253,931144	Visible	Alpheratz	59° 9,8'
0,22129464	77,5218478	282,478152			
2,51814587	21,6588972	201,658897			
0,44458291	66,0308865	293,969113			
21,048196	2,7200777	2,7200777			
2,28030079	23,6793076	203,679308			
1,24703712	38,7261522	141,273848			
0,57675887	60,02542	119,97458	Visible	Bellatrix	35° 59,1'
0,4113171	67,6417962	112,358204	Visible	BETELGEUSE	31° 52,9'
1,51355346	33,4526139	146,547386			
0,3639822	69,9993947	69,9993947	Visible	CAPELLA	59° 50,2'
0,69017723	55,3874459	304,612554	Visible	DENEB	31° 33,8'
1,14059528	41,2421844	41,2421844			
1,98180598	26,7750668	206,775067	Visible	Diphda	24° 18,9'
2,31188689	23,3907564	23,3907564	Visible	Dubhe	22° 42,5'
0,12522	82,8625731	97,1374269	Visible	Elnath	51° 7,7'
1,67481663	30,8405928	329,159407	Visible	Eltanin	15° 17,1'
0,10953635	83,7489504	263,74895	Visible	Enif	21° 0,8'
1,05861634	43,3690201	223,36902			
1,0911541	42,504038	137,495962			
0,65062446	56,9509876	56,9509876			
6,33310554	8,9729441	171,027056			
4,5786337	12,3202634	192,320263			
0,17256393	80,2092391	260,209239			
30,9522084	1,85046108	358,149539	Visible	Kochab	27° 36,9'
0,31362335	72,5873573	252,587357	Visible	Markab	38° 58,8'
3,9478775	14,2140946	165,785905	Visible	Menkar	49° 52'
1,80941287	28,9279131	28,9279131			
1,87112484	28,1217356	151,878264			
0,77602667	52,1875836	52,1875836			
0,10183628	84,1852564	264,185256			
1,10477783	42,1501146	222,150115			
512,47855	0,11180118	0,11180118	Visible	Polaris	44° 7,1'
0,26946316	74,9190972	74,9190972	Visible	POLLUX	25° 46,3'
0,07423199	85,7546065	94,2453935			
0,85556879	49,4507362	310,549264			
0,49983786	63,4423811	63,4423811			

0,91474148	47,5495498	132,45045	Visible	RIGEL	25° 44,8'
10,0178209	5,70050139	185,700501			
0,47576776	64,5564011	295,443599			
1,0961024	42,3749334	317,625067			
0,10962084	83,7441668	263,744167			
0,56481449	60,5416095	119,45839			
1,9898586	26,6817363	26,6817363			
0,57315197	60,1807368	119,819263			
1,01163337	44,6686594	315,331341			
4,32529511	13,0179444	346,982056			

Azimut est.	Altura estimada	Altura ap.	Altura Ins.	Altura est. Instrumental
124	51,463630	51,476524	51,5978116	51° 35,9'
123	28,348953	28,3788604	28,500148	28° 30'
254	59,163212	59,1728794	59,294167	59° 17,7'
120	35,985296	36,0075568	36,1288444	36° 7,7'
112	31,880903	31,9068717	32,0281594	32° 1,7'
70	59,836556	59,8459667	59,9672543	59° 58'
305	31,562905	31,5891961	31,7104837	31° 42,6'
207	24,314850	24,3505034	24,471791	24° 28,3'
23	22,708244	22,7467024	22,86799	22° 52,1'
97	51,127597	51,1406459	51,2619335	51° 15,7'
329	15,284452	15,3428228	15,4641105	15° 27,8'
264	21,013830	21,0556749	21,1769625	21° 10,6'
358	27,614812	27,6456505	27,7669381	27° 46'
253	38,979359	38,9993438	39,1206314	39° 7,2'
166	49,867378	49,8810242	50,0023119	50° 0,1'
0	44,118000	44,1346866	44,2559742	44° 15,4'
75	25,771183	25,8045725	25,9258601	25° 55,6'

132	25,747300	25,7807248	25,9020124	25° 54,1'

Criterio

Visible

Datos periódicos de la nutación

fMm	fM	fF	fD	fomega	10-17	17-23	23-29	29-33
0	0	0	0	1	-171996	-174,2	92025	8,9
0	0	2	-2	2	-13187	-1,6	5736	-3,1
0	0	2	0	2	-2274	-0,2	977	-0,5
0	0	0	0	2	2062	0,2	-895	0,5
0	-1	0	0	0	-1426	3,4	54	-0,1
1	0	0	0	0	712	0,1	-7	0
0	1	2	-2	2	-517	1,2	224	-0,6
0	0	2	0	1	-386	-0,4	200	0
1	0	2	0	2	-301	0	129	-0,1
0	-1	2	-2	2	217	-0,5	-95	0,3
-1	0	0	2	0	158	0	-1	0
0	0	2	-2	1	129	0,1	-70	0
-1	0	2	0	2	123	0	-53	0
1	0	0	0	1	63	0,1	-33	0
0	0	0	2	0	63	0	-2	0
-1	0	2	2	2	-59	0	26	0
-1	0	0	0	1	-58	-0,1	32	0
1	0	2	0	1	-51	0	27	0
-2	0	0	2	0	-48	0	1	0
-2	0	2	0	1	46	0	-24	0
0	0	2	2	2	-38	0	16	0
2	0	2	0	2	-31	0	13	0
2	0	0	0	0	29	0	-1	0
1	0	2	-2	2	29	0	-12	0
0	0	2	0	0	26	0	-1	0
0	0	2	-2	0	-22	0	0	0
-1	0	2	0	1	21	0	-10	0
0	2	0	0	0	17	-0,1	0	0
0	2	2	-2	2	-16	0,1	7	0
-1	0	0	2	1	16	0	-8	0
0	1	0	0	1	-15	0	9	0
1	0	0	-2	1	-13	0	7	0
0	-1	0	0	1	-12	0	6	0
2	0	-2	0	0	11	0	0	0
-1	0	2	2	1	-10	0	5	0
1	0	2	2	2	-8	0	3	0
0	-1	2	0	2	-7	0	3	0
0	0	2	2	1	-7	0	3	0
1	1	0	-2	0	-7	0	0	0
0	1	2	0	2	7	0	-3	0
-2	0	0	2	1	-6	0	3	0
0	0	0	2	1	-6	0	3	0
2	0	2	-2	2	6	0	-3	0
1	0	0	2	0	6	0	0	0
1	0	2	-2	1	6	0	-3	0
0	0	0	-2	1	-5	0	3	0
0	-1	2	-2	1	-5	0	3	0
2	0	2	0	1	-5	0	3	0
1	-1	0	0	0	5	0	0	0
1	0	0	-1	0	-4	0	0	0
0	0	0	1	0	-4	0	0	0

0	1	0	-2	0	-4	0	0	0
1	0	-2	0	0	4	0	0	0
2	0	0	-2	1	4	0	-2	0
0	1	2	-2	1	4	0	-2	0
1	1	0	0	0	-3	0	0	0
1	-1	0	-1	0	-3	0	0	0
-1	-1	2	2	2	-3	0	1	0
0	-1	2	2	2	-3	0	1	0
1	-1	2	0	2	-3	0	1	0
3	0	2	0	2	-3	0	1	0
-2	0	2	0	2	-3	0	1	0
1	0	2	0	0	3	0	0	0
-1	0	2	4	2	-2	0	1	0
1	0	0	0	2	-2	0	1	0
-1	0	2	-2	1	-2	0	1	0
0	-2	2	-2	1	-2	0	1	0
-2	0	0	0	1	-2	0	1	0
2	0	0	0	1	2	0	-1	0
3	0	0	0	0	2	0	0	0
1	1	2	0	2	2	0	-1	0
0	0	2	1	2	2	0	-1	0
1	0	0	2	1	-1	0	0	0
1	0	2	2	1	-1	0	1	0
1	1	0	-2	1	-1	0	0	0
0	1	0	2	0	-1	0	0	0
0	1	2	-2	0	-1	0	0	0
0	1	-2	2	0	-1	0	0	0
1	0	-2	2	0	-1	0	0	0
1	0	-2	-2	0	-1	0	0	0
1	0	2	-2	0	-1	0	0	0
1	0	0	-4	0	-1	0	0	0
2	0	0	-4	0	-1	0	0	0
0	0	2	4	2	-1	0	0	0
0	0	2	-1	2	-1	0	0	0
-2	0	2	4	2	-1	0	1	0
2	0	2	2	2	-1	0	0	0
0	-1	2	0	1	-1	0	0	0
0	0	-2	0	1	-1	0	0	0
0	0	4	-2	2	1	0	0	0
0	1	0	0	2	1	0	0	0
1	1	2	-2	2	1	0	-1	0
3	0	2	-2	2	1	0	0	0
-2	0	2	2	2	1	0	-1	0
-1	0	0	0	2	1	0	-1	0
0	0	-2	2	1	1	0	0	0
0	1	2	0	1	1	0	0	0
-1	0	4	0	2	1	0	0	0
2	1	0	-2	0	1	0	0	0
2	0	0	2	0	1	0	0	0
2	0	2	-2	1	1	0	-1	0
2	0	-2	0	1	1	0	0	0
1	-1	0	-2	0	1	0	0	0
-1	0	0	1	1	1	0	0	0

-1	-1	0	2	1	1	0	0	0
0	1	0	1	0	1	0	0	0

Correcciones a la tabla anterior

fMm	fM	fF	fD	fomega	10-14	14-18	18-22	22-26
0	0	0	0	1	-725	417	213	224
0	1	0	0	0	523	61	208	-24
0	0	2	-2	2	102	-118	-41	-47
0	0	2	0	2	-81	0	32	0

delta psi	-0,003006
delta eps	-0,001874
eps0	23,43694
eps	23,43507

Mm	366,8571456
M	745,7289375
F	330,4639955
D	516,8615393
Omega	-224,6243
TE	0,180788136

dp	de
-120841,568	-65497,9317
12897,02101	-1196,74225
1194,245526	-831,350138
-2061,85884	-11,735869
618,7798974	48,63003934
85,01088017	-6,94992844
502,1116137	52,97005431
-375,094108	47,35511177
187,5270833	-100,891082
-171,455712	58,15707739
-126,40656	-0,59994464
108,7151045	37,69399817
-51,6359535	48,10357146
38,59567356	26,08670591
-45,5293946	-1,38234713
-21,5801412	-24,1983871
-45,3937234	-19,9285773
-50,6371015	3,215231907
41,56553807	0,500132814
40,83559053	-11,0487367
-9,57705069	-15,4835205
22,07040713	-9,12901031
6,875333647	-0,97149002
-28,8812641	1,084783888
-22,3031619	-0,51396039
4,872227546	0
19,6632461	-3,51081106
13,28241407	0
12,34725481	4,444452853
15,8535391	-1,07996503
-4,85761263	-8,51500416
1,923714053	-6,92293457
-11,3014003	-2,01732196
10,50728392	0
-3,93454562	4,596720318
-1,07747718	-2,97266554
0,725678877	-2,98383574
-3,50283196	2,597375105
-6,86817705	0
-5,89771492	1,615944964
-5,80584533	0,756994063
-5,99925778	0,047185903
-5,9974497	-0,08746021
-3,80998313	0
4,633890701	1,905718826
0,144198434	-2,99875215
-4,96429158	-0,35789842
-4,99999975	-0,00094154
-1,61725799	0
1,999734354	0
-1,57181789	0

-3,80435244	0
3,652167342	0
-1,0599973	1,928497195
2,101319328	1,701797365
-1,61569842	0
0,22319584	0
-2,20060655	-0,67965112
-1,94142609	-0,76236946
0,665033484	-0,97511996
2,372095254	-0,61220586
0,925312877	-0,95124457
-2,37094195	0
-1,85083768	-0,37894586
1,982391607	0,132404227
-1,80179866	-0,43402811
-1,89242766	0,323541945
-1,70232969	-0,52489847
1,027382274	0,857975184
0,702749917	0
-1,80163108	0,434201987
0,297031787	-0,98891002
-0,99460201	0
-0,6001957	0,799853186
0,562641961	0
0,350991701	0
-0,22382596	0
-0,62284274	0
-0,33631025	0
-0,92583051	0
0,103451218	0
-0,98654082	0
-0,95996124	0
-0,87355528	0
-0,81732446	0
-0,96404321	-0,26574553
-0,01541482	0
-0,77245381	0
0,24949632	0
-0,32365822	0
-0,89508743	0
-0,9364128	-0,35090037
-0,98894416	0
0,474269866	0,880379517
-0,99432728	0,106363783
0,527389049	0
0,978029042	0
0,562801518	0
0,997211441	0
-0,5382212	0
0,690946715	0,72290569
-0,47196616	0
0,460279268	0
-0,96418761	0

	0,834008098	0
	-0,04519695	0
Sumatorio	-108111,372	-67419,5795

			dp	de
Mm	366,8571456		-55,9619356	-18,6044108
M	745,7289375		-47,6793132	-17,7876579
F	330,4639955		-7,6592443	-4,01648983
D	516,8615393		4,253841229	-2,72320021
Omega	-224,6243	Sumatorio	-107,046652	-43,1317587
0	0			
TE	0,180788136			
		Sum. Total	-108218,419	-67462,7113

		A.R	d	mov. A.R	mov. d
Acamar	0	2,971026667	-40,30471389	-0,391	1,94
Achernar	1	1,62857	-57,23671667	1,173	-3,47
Acrux	2	12,4432975	-63,09905	-0,524	-1,21
Adhara	3	6,977096667	-28,97208333	0,031	0,28
Aldebaran	4	4,598676944	16,509275	0,439	-18,97
Alioth	5	12,90048556	55,95985278	1,328	-0,58
Alkaid	6	13,79234278	49,31331944	-1,249	-1,09
Al Na'ir	7	22,13722222	-46,96099722	1,259	-15,1
Alnilam	8	5,603558056	-1,20195	0,006	-0,24
Alphard	9	9,459790833	-8,658652778	-0,093	3,28
Alphecca	10	15,57813222	26,71470556	0,906	-8,86
Alpheratz	11	0,139795833	29,09043889	1,039	-16,33
Altair	12	19,84638944	8,868341667	3,629	38,63
Ankaa	13	0,438063889	-42,30605833	1,833	-39,57
Antares	14	16,49012194	-26,43198611	-0,071	-2,03
Arcturus	15	14,26102139	19,18241944	-7,714	-199,84
Atria	16	16,81107472	-69,02772778	0,26	-3,4
Avior	17	8,375231389	-59,50958611	-0,346	1,44
Bellatrix	18	5,418849167	6,34965	-0,059	-1,39
Betelgeuse	19	5,919529722	7,407041667	0,173	0,87
Canopus	20	6,399199722	-52,69569444	0,245	2,07
Capella	21	5,278153611	45,99802778	0,728	-42,47
Deneb	22	20,6905325	45,28036389	0,027	0,23
Denebola	23	11,81766111	14,57204167	-3,422	-11,41
Diphda	24	0,726492222	-17,98661667	1,637	3,25
Dubhe	25	11,06212944	61,75089444	-1,675	-6,65
Elnath	26	5,4381975	28,60740833	0,169	-17,51
Eltanin	27	17,94343528	51,48894722	-0,081	-1,94
Enif	28	21,73643444	9,874977778	0,207	-0,06
Fomalhaut	29	22,96084861	-29,62225	2,551	-16,47
Gacrux	30	12,51942472	-57,11319444	0,285	-26,23
Gienah	31	12,263435	-17,54193611	-1,124	2,33
Hadar	32	14,06372444	-60,37299722	-0,426	-1,93
Hamal	33	2,119556389	23,46240556	1,383	-14,83
Kaus Aust,	34	18,40286861	-34,38464722	-0,309	-12,41
Kochab	35	14,84509611	74,15549444	-0,763	1,22
Markab	36	23,07934944	15,20525	0,436	-4,25
Menkar	37	3,0379925	4,089702778	-0,063	-7,8
Menkent	38	14,11137528	-36,37000833	-4,293	-51,9
Miaplacidus	39	9,219988056	-69,71720833	-3,108	10,78
Mirfak	40	3,405379167	49,86120556	0,246	-2,46
Nunki	41	18,92109	-26,29673056	0,099	-5,42
Peacock	42	20,42745889	-56,73510556	0,082	-8,91
Polaris	43	2,530195556	89,26408889	19,877	-1,52
Pollux	44	7,755262778	28,02618333	-4,74	-4,59
Procyon	45	7,655031389	5,225016667	-4,755	-102,29
Rasalhague	46	17,58224333	12,56003889	0,822	-22,64
Regulus	47	10,13953194	11,96719167	-1,693	0,64
Rigel	48	5,242296667	-8,201661111	0,003	-0,13

Rigil Kent,	49	14,65996806	-60,8354	-49,826	69,93
Sabik	50	17,17296694	-15,72491944	0,26	9,5
Schedar	51	0,675125	56,53735	0,636	-3,19
Shaula	52	17,56014833	-37,10381111	-0,011	-2,92
Sirius	53	6,752464167	-16,71610833	-3,847	-120,53
Spica	54	13,41988528	-11,16130833	-0,278	-2,83
Suhail	55	9,133271111	-43,43260556	-0,172	1,27
Vega	56	18,61564778	38,78365833	1,726	28,61
Zubenelgenubi	57	14,84797583	-16,04178333	-0,734	-6,68

paralaje anuo
0,028
0,023
0
0
0,048
0,009
0,035
0,051
0
0,017
0,043
0,024
0,1981
0,035
0,019
0,09
0,024
0
0,026
0,005
0,018
0,073
0
0,076
0,057
0,031
0,018
0,017
0,006
0,144
0
0
0,016
0,043
0,015
0,031
0,03
0,009
0,059
0,038
0,029
0
0
0,007
0,093
0,288
0,056
0,039
0,013

0,7516
0,052
0,016
0
0,3751
0,021
0,015
0,123
0,049

AN	13	9	57	34	19	61
	Acamar	**ACHERNAR**	**Acrux**	**Adhara**	**ALDEBARAN**	**Alioth**
subíndice	0	1	2	3	4	5
	2,971026667	1,62857	12,4432975	6,97709667	4,598676944	12,9004856
	-40,30471389	-57,2367167	-63,09905	-28,9720833	16,509275	55,9598528
	-0,391	1,173	-0,524	0,031	0,439	1,328
	1,94	-3,47	-1,21	0,28	-18,97	-0,58
	0,028	0,023	0	0	0,048	0,009
RAstar0	44,56540001	24,42855	186,649463	104,65645	68,98015416	193,507283
DECstar0	-40,30471389	-57,2367167	-63,09905	-28,9720833	16,509275	55,9598528
dRAstar	-0,001629167	0,0048875	-0,00218333	0,00012917	0,001829167	0,00553333
dDECstar	0,000538889	-0,00096389	-0,00033611	7,7778E-05	-0,005269444	-0,00016111
par	7,77778E-06	6,3889E-06	0	0	1,33333E-05	0,0000025
TE	0,180788136		TE2	0,03268435		TE3
RAstar1	44,56510547	24,4294336	186,649068	104,656473	68,98048485	193,508284
DECstar1	-40,30461646	-57,2368909	-63,0991108	-28,9720693	16,50832235	55,9598237
eps0_2000	23,43929111					
lambdastar1	0,406175249	-0,25635809	-2,41082929	1,93317729	1,218054011	2,77392486
betastar1	-0,937940737	-1,03635192	-0,92291306	-0,89640449	-0,09544056	0,94804825
dtr	0,017453293					
eta	4,11921E-05					
PI0	3,051406304					
p0	0,004408107					
A1	0,281698958	-0,08421729	-0,44160445	0,56159238	0,961338627	0,15974408
B1	-0,520074238	-0,50234663	0,41130122	0,27304482	-0,25836856	0,56095858
C1	-0,806330257	-0,86055523	-0,79738122	-0,78106371	-0,095256133	0,81228524
lambdastar2	0,410632736	6,03130396	3,87672703	1,93756287	1,222463141	2,77838814
betastar2	-0,937921119	-1,03635874	-0,9229432	-0,89636744	-0,095400779	0,94805953
e	0,016701013				L0	308,978549
M	6865,730307	**25,7303071**				
C	0,846724486					
Lsun_true	309,8252735	**309,825274**				
par_lambda	-2,20288E-07	-1,2788E-07	0	0	-2,0201E-07	3,6684E-08
par_beta	3,0717E-08	7,7884E-08	0	0	-1,11561E-08	3,0889E-08
lambdastar2b	0,410632516	6,03130383	3,87672703	1,93756287	1,222462939	2,77838817
betastar2b	-0,937921089	-1,03635866	-0,9229432	-0,89636744	-0,09540079	0,94805956
lambdastar2c	0,41058005	6,03125136	3,87667457	1,9375104	1,222410473	2,77833571

kappa	9,93651E-05					
pi0	1,802021659					
e	0,016701013					
dlambdastar	-4,66531E-05	-0,00015985	-7,9121E-06	0,00015325	5,16264E-05	0,00015007
dbetastar	-7,8217E-05	-5,1211E-05	8,0327E-05	-2,4854E-05	-8,26592E-06	-4,0692E-05
lambdastar2d	0,410533397	6,03109151	3,87666665	1,93766366	1,2224621	2,77848578
betastar2c	-0,937999305	-1,03640987	-0,92286287	-0,8963923	-0,095409056	0,94801887
RAstar2	0,780766593	0,42916686	-3,02097242	1,82977291	1,2084701	-2,90241515
DECstar2	-0,702318331	-0,9975003	-1,10294312	-0,50617152	0,288712037	0,97491535
GHAstar	7,439532257	27,5847132	225,263133	-52,6641026	-17,06607355	218,470302
GHAstar	**7,439532257**	**27,5847132**	**225,263133**	**-52,6641026**	**-17,06607355**	**218,470302**
SHAstar	315,2653694	335,41055	533,08897	255,161735	290,7597636	526,296139
SHAstar	**315,2653694**	**335,41055**	**173,08897**	**255,161735**	**290,7597636**	**166,296139**
DECstar	**-40,23987622**	**-57,1525573**	**-63,193986**	**-29,0014917**	**16,54198119**	**55,8585352**
	Acamar	**ACHERNAR**	**Acrux**	**Adhara**	**ALDEBARAN**	**Alioth**
AN	13	9	57	34	19	61
AS	**315° 15,9'**	**335° 24,6'**	**173° 5,3'**	**255° 9,7'**	**290° 45,6'**	**166° 17,8'**
d	**-40° 14,4'**	**-57° 9,2'**	**-63° 11,6'**	**-29° 0,1'**	**16° 32,5'**	**55° 51,5'**
GHstar	**7° 26,4'**	**27° 35,1'**	**225° 15,8'**	**-52° 39,8'**	**-17° 4'**	**218° 28,2'**

66	95	25	49	74	1	88
Alkaid	**Al Na'ir**	**Alnilam**	**Alphard**	**Alphecca**	**Alpheratz**	**ALTAIR**
6	7	8	9	10	11	12
13,7923428	22,1372222	5,60355806	9,45979083	15,5781322	0,13979583	19,8463894
49,3133194	-46,9609972	-1,20195	-8,65865278	26,7147056	29,0904389	8,86834167
-1,249	1,259	0,006	-0,093	0,906	1,039	3,629
-1,09	-15,1	-0,24	3,28	-8,86	-16,33	38,63
0,035	0,051	0	0,017	0,043	0,024	0,1981
206,885142	332,058333	84,0533708	141,896862	233,671983	2,0969375	297,695842
49,3133194	-46,9609972	-1,20195	-8,65865278	26,7147056	29,0904389	8,86834167
-0,00520417	0,00524583	0,000025	-0,0003875	0,003775	0,00432917	0,01512083
-0,00030278	-0,00419444	-6,6667E-05	0,00091111	-0,00246111	-0,00453611	0,01073056
9,7222E-06	1,4167E-05	0	4,7222E-06	1,1944E-05	6,6667E-06	5,5028E-05
0,00590894						
206,884201	332,059282	84,0533754	141,896792	233,672666	2,09772016	297,698575
49,3132647	-46,9617555	-1,20196205	-8,65848806	26,7142606	29,0896188	8,87028162
3,08805161	-0,76956215	1,45671513	2,57050553	-2,40337373	0,24973525	-1,01613182
0,94924268	-0,57446197	-0,42771783	-0,3906449	0,77358818	0,44819014	0,51146528
-0,02136723	-0,52743224	0,90967208	0,42774474	-0,52718031	0,30046506	-0,69693592
0,581908	-0,65308982	-0,0217402	0,81978704	0,48365293	-0,84966504	-0,52415809
0,81297387	-0,54340493	-0,41475783	-0,38076719	0,69868503	0,43334751	0,48942683
3,09251718	5,51805201	1,46112369	2,57489859	3,88424688	0,25412468	5,2714477
0,94924117	-0,57448785	-0,42767665	-0,39062584	0,77355783	0,44820387	0,51143236
2,1437E-07	-3,2504E-08	0	2,7107E-08	2,9106E-07	-1,1676E-07	1,4935E-07
9,344E-08	1,3354E-07	0	-2,9896E-08	-6,9265E-09	-2,1521E-08	-4,6571E-07
3,0925174	5,51805197	1,46112369	2,57489862	3,88424717	0,25412456	5,27144785
0,94924127	-0,57448772	-0,42767665	-0,39062587	0,77355782	0,44820385	0,5114319
3,09246493	5,51799951	1,46107122	2,57484616	3,8841947	0,2540721	5,27139538

0,00011638	-0,0001193	7,7422E-05	0,00010366	-7,7326E-06	-4,7021E-05	-0,00011469
-6,0721E-05	-6,4458E-06	-2,9932E-05	1,1946E-05	-7,0358E-05	3,9659E-05	-6,3357E-06
3,09258131	5,5178802	1,46114864	2,57494981	3,88418697	0,25402508	5,27128069
0,94918054	-0,57449417	-0,42770658	-0,39061393	0,77348746	0,44824351	0,51142556
-2,66930204	-0,48295709	1,47103852	2,48049688	-2,20157795	0,04059888	-1,08370533
0,85905729	-0,81813439	-0,02086116	-0,15252851	0,4651875	0,50945966	0,15562628
205,113904	79,8455658	-32,1101359	-89,9478396	178,315288	49,8480186	114,265905
205,113904	**79,8455658**	**-32,1101359**	**-89,9478396**	**178,315288**	**49,8480186**	**114,265905**
512,939741	387,671403	275,715701	217,877998	486,141125	357,673856	422,091742
152,939741	**27,6714029**	**275,715701**	**217,877998**	**126,141125**	**357,673856**	**62,0917418**
49,2203573	**-46,8756476**	**-1,19525636**	**-8,73923985**	**26,6532804**	**29,1898883**	**8,91672885**
Alkaid	**Al Na'ir**	**Alnilam**	**Alphard**	**Alphecca**	**Alpheratz**	**ALTAIR**
66	95	25	49	74	1	88
152° 56,4'	**27° 40,3'**	**275° 42,9'**	**217° 52,7'**	**126° 8,5'**	**357° 40,4'**	**62° 5,5'**
49° 13,2'	**-46° 52,5'**	**-1° 11,7'**	**-8° 44,4'**	**26° 39,2'**	**29° 11,4'**	**8° 55'**
205° 6,8'	**79° 50,7'**	**-32° 6,6'**	**-89° 56,9'**	**178° 18,9'**	**49° 50,9'**	**114° 16'**

4	76	69	77	42	22	28
Ankaa	**ANTARES**	**ARCTURUS**	**Atria**	**Avior**	**Bellatrix**	**BETELGEUSE**
13	14	15	16	17	18	19
0,43806389	16,4901219	14,2610214	16,8110747	8,37523139	5,41884917	5,91952972
-42,3060583	-26,4319861	19,1824194	-69,0277278	-59,5095861	6,34965	7,40704167
1,833	-0,071	-7,714	0,26	-0,346	-0,059	0,173
-39,57	-2,03	-199,84	-3,4	1,44	-1,39	0,87
0,035	0,019	0,09	0,024	0	0,026	0,005
6,57095834	247,351829	213,915321	252,166121	125,628471	81,2827375	88,7929458
-42,3060583	-26,4319861	19,1824194	-69,0277278	-59,5095861	6,34965	7,40704167
0,0076375	-0,00029583	-0,03214167	0,00108333	-0,00144167	-0,00024583	0,00072083
-0,01099167	-0,00056389	-0,05551111	-0,00094444	0,0004	-0,00038611	0,00024167
9,7222E-06	5,2778E-06	0,000025	6,6667E-06	0	7,2222E-06	1,3889E-06
6,5723391	247,351776	213,90951	252,166317	125,62821	81,2826931	88,7930761
-42,3080455	-26,4320881	19,1723837	-69,0278985	-59,5095138	6,3495802	7,40708536
-0,25318665	-1,92401288	-2,71866063	-1,72969175	3,02167057	1,41278091	1,54906246
-0,70922028	-0,07976239	0,53625025	-0,80549621	-1,26850576	-0,29349737	-0,27972372
-0,12312217	-0,96253327	-0,42201058	-0,69108918	0,00889058	0,95504867	0,9588922
-0,74881095	0,25918107	0,74892555	0,047561	0,29757608	-0,06487878	0,06574048
-0,65124733	-0,07971749	0,51089881	-0,72120295	-0,95465671	-0,28926247	-0,27605062
6,03444164	4,36357968	3,56895411	4,55789872	3,02594664	1,41718986	1,55346975
-0,70922696	-0,07980217	0,53623003	-0,8055373	-1,26850453	-0,29345628	-0,27968263
-1,3119E-07	7,9875E-08	4,8949E-07	1,2614E-07	0	-9,8815E-08	-1,6486E-08
8,9489E-08	3,6926E-09	5,897E-08	5,541E-08	0	-2,41E-08	-5,0642E-09
6,03444151	4,36357976	3,5689546	4,55789885	3,02594664	1,41718976	1,55346974
-0,70922687	-0,07980216	0,53623009	-0,80553725	-1,26850453	-0,2934563	-0,27968263
6,03438905	4,3635273	3,56890213	4,55784638	3,02589418	1,4171373	1,55341727

-0,00010705	-5,1514E-05	3,0207E-05	-9,6929E-05	0,00024382	7,0213E-05	7,9909E-05
-3,8922E-05	6,9195E-06	-4,9788E-05	5,4271E-05	6,6842E-05	-2,175E-05	-1,8044E-05
6,034282	4,36347578	3,56893234	4,55774946	3,02613799	1,41720751	1,55349718
-0,70926579	-0,07979524	0,5361803	-0,80548298	-1,26843769	-0,29347805	-0,27970068
0,11842433	-1,96133903	-2,5461058	-1,87387122	2,19444832	1,42290593	1,55402963
-0,73677002	-0,46194666	0,33314471	-1,2051926	-1,03969058	0,11103059	0,12926071
45,3889487	164,550612	198,05528	159,539075	-73,5584642	-29,3523418	-36,8651762
45,3889487	**164,550612**	**198,05528**	**159,539075**	**-73,5584642**	**-29,3523418**	**-36,8651762**
353,214786	472,376449	505,881117	467,364913	234,267373	278,473495	270,960661
353,214786	**112,376449**	**145,881117**	**107,364913**	**234,267373**	**278,473495**	**270,960661**
-42,2138128	**-26,4675942**	**19,0877859**	**-69,0524498**	**-59,5698821**	**6,36158448**	**7,40609318**
Ankaa	**ANTARES**	**ARCTURUS**	**Atria**	**Avior**	**Bellatrix**	**BETELGEUSE**
4	76	69	77	42	22	28
353° 12,9'	**112° 22,6'**	**145° 52,9'**	**107° 21,9'**	**234° 16'**	**278° 28,4'**	**270° 57,6'**
-42° 12,8'	**-26° 28,1'**	**19° 5,3'**	**-69° 3,1'**	**-59° 34,2'**	**6° 21,7'**	**7° 24,4'**
45° 23,3'	**164° 33'**	**198° 3,3'**	**159° 32,3'**	**-73° 33,5'**	**-29° 21,1'**	**-36° 51,9'**

31	21	91	55	6	54	23
CANOPUS	**CAPELLA**	**DENEB**	**Denebola**	**Diphda**	**Dubhe**	**Elnath**
20	21	22	23	24	25	26
6,39919972	5,27815361	20,6905325	11,8176611	0,72649222	11,0621294	5,4381975
-52,6956944	45,9980278	45,2803639	14,5720417	-17,9866167	61,7508944	28,6074083
0,245	0,728	0,027	-3,422	1,637	-1,675	0,169
2,07	-42,47	0,23	-11,41	3,25	-6,65	-17,51
0,018	0,073	0	0,076	0,057	0,031	0,018
95,9879958	79,1723042	310,357988	177,264917	10,8973833	165,931942	81,5729625
-52,6956944	45,9980278	45,2803639	14,5720417	-17,9866167	61,7508944	28,6074083
0,00102083	0,00303333	0,0001125	-0,01425833	0,00682083	-0,00697917	0,00070417
0,000575	-0,01179722	6,3889E-05	-0,00316944	0,00090278	-0,00184722	-0,00486389
0,000005	2,0278E-05	0	2,1111E-05	1,5833E-05	8,6111E-06	0,000005
95,9881804	79,1728526	310,358008	177,262339	10,8986165	165,93068	81,5730898
-52,6955905	45,995895	45,2803754	14,5714687	-17,9864535	61,7505605	28,606529
1,83191545	1,42869388	-0,43058502	2,99525465	0,04511185	2,35963398	1,4412054
-1,3233748	0,39901973	1,04555992	0,2140703	-0,3627474	0,86707185	0,09397167
0,22998702	0,92018479	-0,16744037	0,05483237	0,12612278	0,41273134	0,99481121
0,08427759	-0,0478162	-0,47264704	0,97563421	-0,92638131	0,4983131	-0,03922057
-0,96953765	0,38855317	0,86519853	0,2124413	-0,35483899	0,76245452	0,0938744
1,83626745	1,43310108	5,85694139	2,9996717	0,04953545	2,36407946	1,44561335
-1,32333612	0,39906087	1,04554617	0,21407261	-0,36274184	0,86709813	0,09401283
-1,4839E-07	-2,8415E-07	0	2,5252E-07	-2,361E-07	2,2773E-08	-6,4103E-08
-7,692E-08	9,2523E-08	0	5,8131E-08	5,8995E-08	1,1404E-07	5,5872E-09
1,8362673	1,4331008	5,85694139	2,99967195	0,04953521	2,36407949	1,44561329
-1,3233362	0,39906096	1,04554617	0,21407267	-0,36274178	0,86709824	0,09401284
1,83621484	1,43304833	5,85688893	2,99961949	0,04948275	2,36402702	1,44556082

0,00037557	7,4232E-05	-0,00018051	7,6139E-05	-6,4268E-05	0,000155	6,9629E-05
-4,0076E-05	2,8797E-05	3,8486E-05	-1,4464E-05	-2,8742E-05	-8,0982E-06	6,8764E-06
1,8365904	1,43312256	5,85670842	2,99969562	0,04941848	2,36418202	1,44563045
-1,32337627	0,39908976	1,04558465	0,2140582	-0,36277053	0,86709015	0,09401971
1,67718123	1,38768925	-0,86387419	3,0978828	0,19404888	2,90090838	1,42873172
-0,91998205	0,80310296	0,79142866	0,25254116	-0,31227651	1,07599177	0,49950668
-43,9212431	-27,3345747	101,670508	-125,321447	41,0559809	-114,035644	-29,6861349
-43,9212431	**-27,3345747**	**101,670508**	**-125,321447**	**41,0559809**	**-114,035644**	**-29,6861349**
263,904594	280,491262	409,496345	182,50439	348,881818	193,790193	278,139702
263,904594	**280,491262**	**49,4963449**	**182,50439**	**348,881818**	**193,790193**	**278,139702**
-52,7110888	**46,0144102**	**45,3455221**	**14,4695429**	**-17,8921264**	**61,6497872**	**28,6196243**
CANOPUS	**CAPELLA**	**DENEB**	**Denebola**	**Diphda**	**Dubhe**	**Elnath**
31	21	91	55	6	54	23
263° 54,3'	**280° 29,5'**	**49° 29,8'**	**182° 30,3'**	**348° 52,9'**	**193° 47,4'**	**278° 8,4'**
-52° 42,7'	**46° 0,9'**	**45° 20,7'**	**14° 28,2'**	**-17° 53,5'**	**61° 39'**	**28° 37,2'**
-43° 55,3'	**-27° 20,1'**	**101° 40,2'**	**-125° 19,3'**	**41° 3,4'**	**-114° 2,1'**	**-29° 41,2'**

84	93	97	58	56	67	12
Eltanin	**Enif**	**FOMALHAUT**	**Gacrux**	**Gienah**	**HADAR**	**Hamal**
27	28	29	30	31	32	33
17,9434353	21,7364344	22,96084861	12,5194247	12,263435	14,0637244	2,11955639
51,4889472	9,87497778	-29,62225	-57,1131944	-17,5419361	-60,3729972	23,4624056
-0,081	0,207	2,551	0,285	-1,124	-0,426	1,383
-1,94	-0,06	-16,47	-26,23	2,33	-1,93	-14,83
0,017	0,006	0,144	0	0	0,016	0,043
269,151529	326,046517	344,4127292	187,791371	183,951525	210,955867	31,7933458
51,4889472	9,87497778	-29,62225	-57,1131944	-17,5419361	-60,3729972	23,4624056
-0,0003375	0,0008625	0,010629167	0,0011875	-0,00468333	-0,001775	0,0057625
-0,00053889	-1,6667E-05	-0,004575	-0,00728611	0,00064722	-0,00053611	-0,00411944
4,7222E-06	1,6667E-06	0,00004	0	0	4,4444E-06	1,1944E-05
269,151468	326,046673	344,4146508	187,791586	183,950678	210,955546	31,7943876
51,4888498	9,87497476	-29,62307711	-57,1145117	-17,5418191	-60,3730941	23,4616608
-1,60625187	-0,49069787	-0,456202042	-2,50034409	-2,95440947	-2,2027434	0,65734544
1,30763833	0,38571426	-0,368911646	-0,83482976	-0,25309265	-0,77034964	0,17390592
-0,25978139	-0,36125973	-0,333803797	-0,44835897	-0,26509297	-0,6148701	0,66956933
-0,01423008	-0,85320593	-0,870937642	0,49959558	0,93113933	0,37006179	-0,72230725
0,9655626	0,37620613	-0,360614266	-0,74120071	-0,2504102	-0,69641154	0,17305824
4,68133318	5,79688014	5,831406243	3,78721547	3,3331737	4,08482941	0,66174824
1,3075972	0,3856982	-0,368926388	-0,83485727	-0,25310393	-0,77038494	0,17393392
2,1034E-07	-1,1919E-08	-3,07893E-07	0	0	1,0478E-07	-2,1155E-07
-5,9506E-08	-1,0124E-08	2,2947E-07	0	0	1,3268E-08	-1,2024E-09
4,68133339	5,79688013	5,831405935	3,78721547	3,3331737	4,08482951	0,66174803
1,30759714	0,38569819	-0,368926159	-0,83485727	-0,25310393	-0,77038492	0,17393392
4,68128093	5,79682767	5,83135347	3,78716301	3,33312123	4,08477705	0,66169556

-0,00029173	-0,00010039	-9,82278E-05	6,3306E-06	4,9594E-05	-3,5512E-05	-2,6645E-06
-6,4124E-05	1,466E-05	-1,52021E-05	7,4685E-05	2,2209E-05	6,7955E-05	1,7447E-05
4,6809892	5,79672727	5,831255242	3,78716934	3,33317083	4,08474153	0,6616929
1,30753301	0,38571285	-0,368941361	-0,83478258	-0,25308172	-0,77031697	0,17395137
-1,58391665	-0,5888603	-0,267865265	-3,00110102	-3,06854058	-2,5956724	0,55931337
0,89859587	0,17379116	-0,515390038	-0,99849298	-0,30789097	-1,05510648	0,41095463
142,925902	85,913373	67,521712	224,124585	227,988588	200,895237	20,1278672
142,925902	**85,913373**	**67,521712**	**224,124585**	**227,988588**	**200,895237**	**20,1278672**
450,751739	393,73921	375,3475492	531,950422	535,814425	508,721074	327,953704
90,751739	**33,7392102**	**15,34754916**	**171,950422**	**175,814425**	**148,721074**	**327,953704**
51,485751	**9,95749999**	**-29,52967396**	**-57,2094337**	**-17,6408532**	**-60,4531481**	**23,5459658**
Eltanin	**Enif**	**FOMALHAUT**	**Gacrux**	**Gienah**	**HADAR**	**Hamal**
84	93	97	58	56	67	12
90° 45,1'	**33° 44,4'**	**15° 20,9'**	**171° 57'**	**175° 48,9'**	**148° 43,3'**	**327° 57,2'**
51° 29,1'	**9° 57,4'**	**-29° 31,8'**	**-57° 12,6'**	**-17° 38,5'**	**-60° 27,2'**	**23° 32,8'**
142° 55,6'	**85° 54,8'**	**67° 31,3'**	**224° 7,5'**	**227° 59,3'**	**200° 53,7'**	**20° 7,7'**

85	72	99	14	68	46	16
Kaus Aust,	**Kochab**	**Markab**	**Menkar**	**Menkent**	**Miaplacidus**	**Mirfak**
34	35	36	37	38	39	40
18,4028686	14,8450961	23,0793494	3,0379925	14,1113753	9,21998806	3,40537917
-34,3846472	74,1554944	15,20525	4,08970278	-36,3700083	-69,7172083	49,8612056
-0,309	-0,763	0,436	-0,063	-4,293	-3,108	0,246
-12,41	1,22	-4,25	-7,8	-51,9	10,78	-2,46
0,015	0,031	0,03	0,009	0,059	0,038	0,029
276,043029	222,676442	346,190242	45,5698875	211,670629	138,299821	51,0806875
-34,3846472	74,1554944	15,20525	4,08970278	-36,3700083	-69,7172083	49,8612056
-0,0012875	-0,00317917	0,00181667	-0,0002625	-0,0178875	-0,01295	0,001025
-0,00344722	0,00033889	-0,00118056	-0,00216667	-0,01441667	0,00299444	-0,00068333
4,1667E-06	8,6111E-06	8,3333E-06	0,0000025	1,6389E-05	1,0556E-05	8,0556E-06
276,042796	222,675867	346,19057	45,56984	211,667395	138,29748	51,0808728
-34,3852704	74,1555557	15,2050366	4,08931107	-36,3726147	-69,716667	49,861082
-1,48216246	2,32686096	-0,11369372	0,77352942	-2,40319674	-2,58367183	1,08351821
-0,19290153	1,2738715	0,33869305	-0,21966666	-0,38542672	-1,26076823	0,52578649
-0,96579421	0,19388184	-0,02218356	0,74200163	-0,68289254	-0,18413426	0,79760831
-0,17456964	0,21908489	-0,94292912	-0,6340068	0,6263344	0,24322258	-0,33450113
-0,19174719	0,95624873	0,33225376	-0,21787374	-0,37598272	-0,95233258	0,50192627
4,80543238	2,33136989	6,17388518	0,7779435	3,88438538	3,70381906	1,08791707
-0,19294206	1,2738988	0,33869208	-0,21963534	-0,38545708	-1,26079309	0,52582447
4,1963E-08	3,362E-08	-1,0695E-07	-4,4554E-08	3,0834E-07	5,9859E-07	-1,5017E-07
1,1493E-08	1,4341E-07	-3,4813E-08	-7,8682E-10	5,1291E-09	-2,3241E-08	2,7014E-08
4,80543243	2,33136992	6,17388508	0,77794345	3,88438568	3,70381966	1,08791692
-0,19294205	1,27389895	0,33869205	-0,21963534	-0,38545707	-1,26079312	0,5258245
4,80537996	2,33131746	6,17383261	0,77789099	3,88433322	3,7037672	1,08786445

-8,5115E-05	0,00034382	-7,6486E-05	9,3051E-06	-5,9853E-06	4,1396E-05	4,5423E-05
1,0835E-05	-7,0147E-06	2,3416E-05	-2,1884E-05	3,7861E-05	9,5289E-05	4,6621E-05
4,80529484	2,33166127	6,17375612	0,77790029	3,88432723	3,70380859	1,08790988
-0,19293122	1,27389193	0,33871546	-0,21965722	-0,38541921	-1,26069783	0,52587112
-1,46025821	-2,39701771	-0,23720685	0,7994447	-2,5841912	2,41495534	0,89719294
-0,59990938	1,29290413	0,26706379	0,07254268	-0,63624264	-1,21809455	0,8713571
135,840795	189,513161	65,765114	6,36935554	200,237412	-86,1925861	0,76879415
135,840795	**189,513161**	**65,765114**	**6,36935554**	**200,237412**	**-86,1925861**	**0,76879415**
443,666633	497,338998	373,590951	314,195193	508,063249	221,633251	308,594631
83,6666326	**137,338998**	**13,5909512**	**314,195193**	**148,063249**	**221,633251**	**308,594631**
-34,3722754	**74,07795**	**15,3016282**	**4,15638947**	**-36,4540179**	**-69,7916768**	**49,9250842**
Kaus Aust,	**Kochab**	**Markab**	**Menkar**	**Menkent**	**Miaplacidus**	**Mirfak**
85	72	99	14	68	46	16
83° 40'	**137° 20,3'**	**13° 35,5'**	**314° 11,7'**	**148° 3,8'**	**221° 38'**	**308° 35,7'**
-34° 22,3'	**74° 4,7'**	**15° 18,1'**	**4° 9,4'**	**-36° 27,2'**	**-69° 47,5'**	**49° 55,5'**
135° 50,4'	**189° 30,8'**	**65° 45,9'**	**6° 22,2'**	**200° 14,2'**	**-86° 11,6'**	**0° 46,1'**

87	90	11	39	38	82	50
Nunki	**Peacock**	**Polaris**	**POLLUX**	**PROCYON**	**Rasalhague**	**REGULUS**
41	42	43	44	45	46	47
18,92109	20,4274589	2,53019556	7,75526278	7,65503139	17,5822433	10,1395319
-26,2967306	-56,7351056	89,2640889	28,0261833	5,22501667	12,5600389	11,9671917
0,099	0,082	19,877	-4,74	-4,755	0,822	-1,693
-5,42	-8,91	-1,52	-4,59	-102,29	-22,64	0,64
0	0	0,007	0,093	0,288	0,056	0,039
283,81635	306,411883	37,9529333	116,328942	114,825471	263,73365	152,092979
-26,2967306	-56,7351056	89,2640889	28,0261833	5,22501667	12,5600389	11,9671917
0,0004125	0,00034167	0,08282083	-0,01975	-0,0198125	0,003425	-0,00705417
-0,00150556	-0,002475	-0,00042222	-0,001275	-0,02841389	-0,00628889	0,00017778
0	0	1,9444E-06	2,5833E-05	0,00008	1,5556E-05	1,0833E-05
283,816425	306,411945	37,9679064	116,325371	114,821889	263,734269	152,091704
-26,2970027	-56,735553	89,2640126	28,0259528	5,21987977	12,5589019	11,9672238
-1,35463101	-1,15510554	1,54579759	1,97593171	2,02079069	-1,70257791	2,61499149
-0,06021041	-0,63299732	1,15368477	0,11664705	-0,2796938	0,62542322	0,00810566
-0,95170998	-0,70524966	0,40422323	0,8738322	0,82430019	-0,8100383	0,42267881
-0,30103569	-0,3906924	0,02639019	0,47208471	0,49430564	0,03371218	0,90624315
-0,06021324	-0,59159307	0,91427957	0,11641869	-0,27602741	0,58540707	0,00812298
4,93296316	5,13250252	1,55021176	1,98034211	2,02519272	4,58501674	2,6193999
-0,06024968	-0,63303335	1,15372587	0,11668329	-0,27965847	0,62538206	0,00812307
0	0	-5,4968E-08	-1,2787E-07	-3,4628E-07	2,454E-07	6,5461E-08
0	0	2,3415E-08	5,0365E-08	-3,743E-07	-1,0814E-07	1,4409E-09
4,93296316	5,13250252	1,5502117	1,98034198	2,02519237	4,58501698	2,61939997
-0,06024968	-0,63303335	1,1537259	0,11668334	-0,27965885	0,62538195	0,00812307
4,93291069	5,13245005	1,55015923	1,98028952	2,0251399	4,58496452	2,6193475

-9,0208E-05	-0,00012064	0,00018907	9,7638E-05	0,00010208	-8,5306E-05	9,4361E-05
2,735E-06	1,5779E-05	5,9989E-05	3,2247E-06	-6,4379E-06	-4,297E-05	-2,8923E-07
4,93282048	5,13232942	1,55034831	1,98038715	2,02524199	4,58487921	2,61944186
-0,06024695	-0,63301757	1,15378589	0,11668656	-0,27966528	0,62533898	0,00812278
-1,32493155	-0,92937828	0,76268784	2,03518269	2,00825226	-1,67661704	2,65875081
-0,45852497	-0,98917501	1,55934148	0,48832824	0,09031866	0,21900093	0,20728312
128,087149	105,423616	8,47536872	-64,433216	-62,8902156	148,237243	-100,161037
128,087149	**105,423616**	**8,47536872**	**-64,433216**	**-62,8902156**	**148,237243**	**-100,161037**
435,912986	413,249453	316,301206	243,392621	244,935622	456,06308	207,6648
75,9129861	**53,2494532**	**316,301206**	**243,392621**	**244,935622**	**96,0630803**	**207,6648**
-26,2715456	**-56,6755533**	**89,3436857**	**27,979147**	**5,17487824**	**12,5478292**	**11,8764477**
Nunki	**Peacock**	**Polaris**	**POLLUX**	**PROCYON**	**Rasalhague**	**REGULUS**
87	90	11	39	38	82	50
75° 54,8'	**53° 15'**	**316° 18,1'**	**243° 23,6'**	**244° 56,1'**	**96° 3,8'**	**207° 39,9'**
-26° 16,3'	**-56° 40,5'**	**89° 20,6'**	**27° 58,7'**	**5° 10,5'**	**12° 32,9'**	**11° 52,6'**
128° 5,2'	**105° 25,4'**	**8° 28,5'**	**-64° 26'**	**-62° 53,4'**	**148° 14,2'**	**-100° 9,7'**

20	70	79	5	81	33	65
RIGEL	**RIGIL KENT**	**Sabik**	**Schedar**	**Shaula**	**SIRIUS**	**SPICA**
48	49	50	51	52	53	54
5,24229667	14,6599681	17,1729669	0,675125	17,5601483	6,75246417	13,4198853
-8,20166111	-60,8354	-15,7249194	56,53735	-37,1038111	-16,7161083	-11,1613083
0,003	-49,826	0,26	0,636	-0,011	-3,847	-0,278
-0,13	69,93	9,5	-3,19	-2,92	-120,53	-2,83
0,013	0,7516	0,052	0,016	0	0,3751	0,021
78,63445	219,899521	257,594504	10,126875	263,402225	101,286963	201,298279
-8,20166111	-60,8354	-15,7249194	56,53735	-37,1038111	-16,7161083	-11,1613083
0,0000125	-0,20760833	0,00108333	0,00265	-4,5833E-05	-0,01602917	-0,00115833
-3,6111E-05	0,019425	0,00263889	-0,00088611	-0,00081111	-0,03348056	-0,00078611
3,6111E-06	0,00020878	1,4444E-05	4,4444E-06	0	0,00010419	5,8333E-06
78,6344523	219,861988	257,5947	10,1273541	263,402217	101,284065	201,29807
-8,20166764	-60,8318882	-15,7244424	56,5371898	-37,1039578	-16,7221612	-11,1614505
1,34092891	-2,10392464	-1,78076455	0,65945358	-1,66529265	1,81651486	-2,72548444
-0,54319525	-0,74351936	0,12563366	0,81370544	-0,24065624	-0,69135218	-0,03586084
0,84774515	-0,66502633	-0,98501483	0,46794533	-0,97116294	0,72735593	-0,48462674
-0,11918713	0,3154881	0,11855384	-0,5026997	0,00418575	0,25393696	0,87398515
-0,51683903	-0,67691006	0,12526285	0,72685637	-0,23838001	-0,6375495	-0,03587312
1,34534048	4,18365254	4,50682949	0,66382978	4,62230072	1,82091173	3,56210768
-0,54315446	-0,74355658	0,12559276	0,81373351	-0,24069743	-0,69131329	-0,03588082
-5,8597E-08	4,6554E-06	1,9915E-07	-1,1289E-07	0	-1,016E-06	9,806E-08
-1,972E-08	8,3877E-07	-1,9614E-08	-1,7618E-09	0	-1,0465E-06	-9,9024E-10
1,34534043	4,18365719	4,50682969	0,66382966	4,62230072	1,82091071	3,56210778
-0,54315448	-0,74355574	0,12559274	0,81373351	-0,24069743	-0,69131434	-0,03588082
1,34528796	4,18360473	4,50677722	0,6637772	4,62224826	1,82085825	3,56205531

7,2002E-05	-4,7534E-05	-6,3718E-05	-3,5156E-06	-7,3981E-05	0,00011857	2,6651E-05
-4,1255E-05	6,4028E-05	-9,8432E-06	7,3284E-05	1,6871E-05	-2,7251E-05	3,4894E-06
1,34535996	4,18355719	4,5067135	0,66377368	4,62217428	1,82097682	3,56208196
-0,54319573	-0,74349171	0,1255829	0,81380679	-0,24068056	-0,69134159	-0,03587733
1,37624465	-2,43983053	-1,78290113	0,18118814	-1,68073596	1,77131666	-2,76571812
-0,14287489	-1,06295257	-0,27478493	0,98852111	-0,64772851	-0,2922689	-0,19641467
-26,678847	191,966155	154,326873	41,7928469	148,47324	-49,314806	210,638138
-26,678847	**191,966155**	**154,326873**	**41,7928469**	**148,47324**	**-49,314806**	**210,638138**
281,14699	499,791992	462,15271	349,618684	456,299077	258,511031	518,463975
281,14699	**139,791992**	**102,15271**	**349,618684**	**96,2990767**	**258,511031**	**158,463975**
-8,18612805	**-60,9026959**	**-15,744017**	**56,6380876**	**-37,1121099**	**-16,7457743**	**-11,2537316**
RIGEL	**RIGIL KENT**	**Sabik**	**Schedar**	**Shaula**	**SIRIUS**	**SPICA**
20	70	79	5	81	33	65
281° 8,8'	**139° 47,5'**	**102° 9,2'**	**349° 37,1'**	**96° 17,9'**	**258° 30,7'**	**158° 27,8'**
-8° 11,2'	**-60° 54,2'**	**-15° 44,6'**	**56° 38,3'**	**-37° 6,7'**	**-16° 44,7'**	**-11° 15,2'**
-26° 40,7'	**191° 58'**	**154° 19,6'**	**41° 47,6'**	**148° 28,4'**	**-49° 18,9'**	**210° 38,3'**

45	86	71
Suhail	**VEGA**	**Zubenelgenubi**
55	56	57
9,13327111	18,6156478	14,84797583
-43,4326056	38,7836583	-16,04178333
-0,172	1,726	-0,734
1,27	28,61	-6,68
0,015	0,123	0,049
136,999067	279,234717	222,7196375
-43,4326056	38,7836583	-16,04178333
-0,00071667	0,00719167	-0,003058333
0,00035278	0,00794722	-0,001855556
4,1667E-06	3,4167E-05	1,36111E-05
136,998937	279,236017	222,7190846
-43,4325418	38,7850951	-16,0421188
2,81325319	-1,30343145	-2,354758866
-0,97512963	1,07746371	0,005804802
0,13239297	-0,44365027	-0,768824122
0,545225	-0,16573849	0,639434235
-0,82776917	0,88074127	0,0057731
2,81760224	4,98413515	3,9328347
-0,97511991	1,07742512	0,005773132
6,7938E-08	5,1726E-07	2,36465E-07
-5,1265E-08	-4,7884E-07	-1,31675E-10
2,81760231	4,98413567	3,932834937
-0,97511996	1,07742465	0,005773132
2,81754984	4,98408321	3,932782471

0,00015239	-0,00019478	-1,04167E-05
4,4276E-05	-3,5897E-05	-5,79115E-07
2,81770223	4,98388842	3,932772054
-0,97507568	1,07738875	0,005772553
2,39411208	-1,40708578	-2,391672343
-0,75934095	0,67719209	-0,281235818
-84,9983549	132,794239	189,2068941
-84,9983549	**132,794239**	**189,2068941**
222,827482	440,620077	497,0327312
222,827482	**80,6200766**	**137,0327312**
-43,5070317	**38,8002489**	**-16,11362543**
Suhail	**VEGA**	**Zubenelgenubi**
45	86	71
222° 49,6'	**80° 37,2'**	**137° 2'**
-43° 30,4'	**38° 48'**	**-16° 6,8'**
-84° 59,9'	**132° 47,7'**	**189° 12,4'**