

11  
2 ej



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFIA

CALCULO DE LATITUD, LONGITUD  
Y ACIMUT GEOGRAFICOS



**T E S I S** FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFIA  
**Que para obtener el Título de:**  
**LICENCIADO EN GEOGRAFIA**  
**P r e s e n t a**

**ARTURO CLAVIJO ARIAS**

México, D. F.

1985



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E

### INTRODUCCION.

#### CAPITULO I

ASPECTOS HISTORICOS DE LA ASTRONOMIA . . . . . 1

#### CAPITULO II

FORMA Y DIMENSIONES DE LA TIERRA . . . . . 4

#### CAPITULO III

TRIANGULO ESFERICO . . . . . 10

#### CAPITULO IV

ESFERA CELESTE . . . . . 15

#### CAPITULO V

OBSERVACIONES ASTRONOMICAS . . . . . 38

#### CAPITULO VI

TIEMPO. . . . . 59

#### CAPITULO VII

COORDENADAS GEOGRAFICAS . . . . . 71

CONCLUSIONES . . . . . 91

CITAS BIBLIOGRAFICAS . . . . . 93

BIBLIOGRAFIA. . . . . 95

## INTRODUCCION

El mapa es un elemento con el que cuenta el geógrafo para realizar su trabajo. Para situar un punto en un mapa, es decir en un sistema de coordenadas, se necesita conocer los valores de estas coordenadas para tal punto.

Se ha dicho que el mapa es un arma que auxilia al geógrafo, - pero no es papel del geógrafo llevar a cabo su construcción, ni el de obtener coordenadas de puntos sobre la superficie terrestre. Sin embargo el conocer los pasos para elaborar un mapa y el saber como se calculan las coordenadas geográficas, dan una mayor capacidad para manejar el espacio geográfico.

Este trabajo tiene como fin el realizar el cálculo de latitud, longitud y acimut geográficos, los cuales son temas de estudio de la Astronomía de Posición y de la Cosmografía, materias que se imparten en la licenciatura de Geografía, por lo que se puede considerar a esta tesis como un apoyo a los estudiantes de estas materias.

El trabajo se divide en 7 capítulos, para cuya realización se recopiló información bibliográfica referente a los temas tratados. Se realizó una observación al Sol en la que se midió su distancia cenital y un ángulo horizontal respecto a un punto fijo, esta observación se llevó a cabo en el Observatorio de Meteorología del Colegio de Geografía, ubicado en los campos deportivos de Ciudad Universitaria. Finalmente se determinó la latitud y longitud del Observatorio con el uso de fórmulas, así también se calcula el acimut de la línea que va del Observatorio a la Antena de Rectoría.

Se comparan los resultados para la latitud y la longitud con los valores obtenidos de la carta topográfica de escala 1:50 000, - elaborada por CETENAL, ahora DIGETENAL, y tiene una clasificación de E 14 - A 39 .

El primer capítulo describe las etapas en que se divide a la - Historia de la Astronomía de forma general. El segundo capítulo, menciona los modelos que se han usado para representar la forma - de la Tierra y las dimensiones de ésta. En el tercero se define el triángulo esférico, se mencionan sus características y los diferentes casos que se presentan. El capítulo cuarto, se refiere a la esfera celeste, a los principales elementos de ella, así como a los diferentes sistemas de coordenadas celestes y su relación con el triángulo astronómico. El siguiente capítulo habla de las observaciones astronómicas, de su realización y de sus correcciones. El capítulo sexto trata de los diferentes tiempos usados en Astro- nomía, como son: tiempo solar verdadero, tiempo solar medio y tiem po sidereal. Por último, en el capítulo séptimo se llevan a cabo - todos los cálculos para obtener la latitud y la longitud geográficas y el acimut de una dirección, así como la definición de estos términos. También se presentan los valores de la latitud y la - longitud del mismo punto, obtenidos de la carta topográfica de la Ciudad de México E 14 - A 39 .

## CAPITULO I

### ASPECTOS HISTORICOS DE LA ASTRONOMIA

La Astronomía, de dos palabras griegas, astro y ley, es la ciencia que estudia los cuerpos celestes, entre sus trabajos tiene el estudio de las leyes que rigen a los astros. Así como fijar la posición de las estrellas observadas desde la Tierra, calcular su distancia y de estudiar sus movimientos, de averiguar su composición física y química, de conjeturar el nacimiento desarrollo y muerte de los astros. Estudia también el comportamiento de los sistemas solares y especula sobre su origen y fin. (1,2)

La historia de la Astronomía se puede describir de la siguiente forma: " La historia de la Astronomía se puede ordenar en grandes períodos ligados a la historia y civilización de los diversos pueblos de la Tierra; estos períodos se pueden dividir en: Astronomía Antigua, Medieval y Moderna.

La Astronomía Antigua podemos remontarla hasta aquellos pueblos más distantes en el tiempo. Tal época parece que puede hacerse remontar cuando menos cuarenta siglos antes de Cristo a un pueblo de Asia Central que alcanzó un grado de civilización muy elevado respecto de todos los demás, cuyos conocimientos se difundieron por toda Asia, Europa y Egipto, y con mucha probabilidad, también por Mesoamérica. De la Astronomía de este pueblo se pasa a la Astronomía Egipcia y a la de la India, treinta siglos antes de Cristo y, finalmente, a la de los babilonios y hebreos hasta Alejandro. Existen también huellas de una Astronomía China primitiva y de una posterior derivada de la Astronomía Griega. La -

escuela griega, que dio a la Astronomía una verdadera importancia científica, se desarrolló con los físicos astrónomos de Jonia, como Tales y Anaximandro, y luego Pitágoras, Platón y Aristóteles. En su época de mayor esplendor la escuela de Alejandría contaba con Aristarco de Samos y Eratóstenes, a quienes siguió Arquímedes en la Magna Grecia. Con la fundación de Alejandría surge en el siglo III a.c. un gran centro científico en el que Hiparco, el astrónomo más grande de la antigüedad, hizo notables progresos en su ciencia. Los trabajos de Hiparco fueron transmitidos y completados, tres siglos después, por Tolomeo. Con él y con la desaparición de la escuela de Alejandría, hacia el año 650 de Nuestra Era se cierra el período antiguo.

La Astronomía Medieval, que comprende la época que va del año 500 al 1500 d.c., es la, en verdad poco importante, de los romanos, y la de mucho más importancia árabe, con las escuelas de Bagdad y el Cairo, y la de los persas y mongoles.

Pero la Astronomía de estos pueblos como también la de los pueblos latinos de occidente, hasta Copérnico, no es en sustancia más que una repetición del Almagesto de Tolomeo. En el Renacimiento, Purbach y Regiomontano no hacen sino comentar y explicar ese famoso libro.

El mismo Copérnico se puede considerar como el continuador de la escuela griega, ya que desarrolló la idea fundamental de Aristarco aplicándole los métodos geométricos de Tolomeo y de Hiparco. Con él Tycho Brahe, Galileo, Kepler y Newton empieza verdaderamente una nueva era que se puede considerar como la de la refor-

ma de la Astronomía.

Después de Newton podemos fijar la época moderna en la cual - considerándose ya los astros como elementos sujetos a las mismas leyes físicas y mecánicas de los demás cuerpos, pudieron aplicar éstos al estudio de la forma y movimiento de los planetas, satélites y cometas así como también al de la posición y distribución de las estrellas en la Vía Láctea. Otro paso gigantesco se dio , también en la época moderna, al aplicar los métodos del análisis espectral al estudio de la constitución física y química de los cuerpos celestes cuyo principio puede fijarse con la fecha del - descubrimiento de Kirchoff ( 1859 ). Con esta aplicación y en - general, con la de todos los métodos más recientes establecidos por la física teórica y la experimental se han logrado enormes - adelantos en el campo de la constitución superficial e interna - de las estrellas, de su evolución, de la constitución de Nuestra Galaxia y de las nebulosas extragalácticas, hasta donde pueden - llegar nuestros medios de observación. (3)

De esta manera, tomando las palabras del señor Giorgio Abetti se pueden contemplar los aspectos históricos de la Astronomía.



## CAPITULO II

### FORMA Y DIMENSIONES DE LA TIERRA

La forma y dimensiones de la Tierra son objeto de estudio de la Geodesia. Como forma de la Tierra se han adoptado los siguientes modelos: el de una esfera, la forma llamada de pera, el elipsoide de revolución y el geoide.

#### Modelos de la forma de la Tierra

La esfera es una figura matemática parecida a la Tierra, pero el achatamiento de los polos y el ensanchamiento del ecuador de ésta la hace diferir de aquella. Sin embargo por su simplicidad, la esfera se usa como modelo geométrico de la Tierra para la mayor parte de los problemas astronómicos, así como para la navegación.

Existen algunas causas que hacen suponer que el hemisferio Sur es más grande que el hemisferio Norte. Por muchos siglos la órbita de la Tierra ha estado situada en el plano de la eclíptica, de tal manera que el perihelio o punto más cercano al Sol ha coincidido aproximadamente con el solsticio de invierno en el hemisferio Norte y con el solsticio de verano en el hemisferio Sur; y como consecuencia de esto el invierno es cerca de siete días más largo en el Sur que en el Norte. Todo lo anterior demuestra que el calor total recibido por la Tierra durante un año, la mayor parte corresponde al hemisferio Norte. La geografía física nos demuestra que las tierras dominan en el hemisferio Norte, y los hielos en el hemisferio Sur y con toda probabilidad la causa de esto está en el fenómeno astronómico antes mencionado.

La temperatura medial anual del hemisferio Sur ha sido durante si

glos más baja que la del Norte, produciendo en el Sur una acumulación de hielo y nieve, cuya atracción ha impelido las aguas hacia el Sur, dejando descubiertas las tierras en el Norte, aunque esto es muy discutible.

Por todo lo anterior aparece la Tierra como un ovoide, algo semejante a un huevo, correspondiendo la parte más grande al hemisferio Sur, también es conocida como la forma de pera.

No se han hecho investigaciones en este sentido, por la carencia de datos del hemisferio Sur, pudiendo servir de mucho, para aclarar lo concerniente a las elipticidades de los dos hemisferios. (4)

La figura matemática que más se acepta para representar a la Tierra es el elipsoide de revolución, el cual se forma al hacer girar una elipse alrededor de su eje menor. El elipsoide de revolución tiene una semejanza mayor a la forma de la Tierra, ya que es achatado en los polos y con un ensanchamiento en el ecuador.

Para obtener los valores de los ejes se han realizado varias observaciones con diferentes métodos. Se busca un elipsoide al que se pueda referir adecuadamente toda la superficie terrestre. En geodesia los cálculos de precisión se llevan a cabo en un elipsoide de revolución. Los elementos del elipsoide de revolución aparecen en la figura 1 .

O = Centro del elipsoide de revolución

PP' = Eje de giro

EAE'A' = Plano ecuatorial

a = Semieje mayor

b = Semieje menor

PAP' y

PA'P' = Meridianos

Fórmula empleada para calcular el achatamiento:

$$F = \frac{a - b}{a}$$

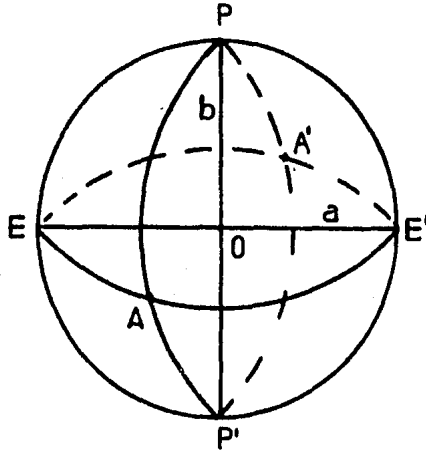


Fig. 1

Esquema de un elipsoide de revolución.

El achatamiento indica en que medida el elipsoide se aleja de la esfera. En el caso del elipsoide terrestre con respecto a la esfera es muy pequeño. En el círculo  $F = 0$ .

Los elipsoides de revolución más empleados son: Clarke 1866, Clarke 1880, Everest 1830, Bessel 1841, Internacional 1967, - Hayford 1858.

El geoide es otro modelo que se utiliza para representar la forma de la Tierra. Se puede definir al geoide, como aquella superficie hacia la cual tienden a conformarse las aguas de los océanos, haciendo abstracción del flujo y reflujos de las aguas, de las corrientes, vientos y olas de los océanos. Bajo los continentes e islas puede ser concebida esta superficie prolongada por canales o tuneles ficticios. El geoide es la forma real de una superficie en la que el potencial gravitatorio en cada uno de sus puntos es constante (superficie equipotencial); esta superficie es más lisa que la topográfica, pero todavía tiene abultamientos y hundimientos.

#### Relación entre el geoide y el elipsoide

Las superficies de un geoide y la de un elipsoide de revolución de volúmenes iguales, no coinciden, ya que el elipsoide es una figura regular y el geoide es irregular.

En relación con la superficie topográfica, el geoide se eleva sobre el elipsoide bajo las montañas y queda abajo en los océanos. La atracción de los continentes y elevadas montañas, tienden a elevar el geoide mientras que las cuencas oceánicas, como que lo impelen hacia abajo. A esta marcha general habrá excepciones debidas, sin duda, a variaciones de densidad en la corteza terrestre. <sup>(5)</sup> La distancia entre el elipsoide matemático y el geoide real se llama ondulación del geoide ( figura 2 ). Como el geoide es muy irregular las ondulaciones no pueden calcular

se, sino que hay que realizar observaciones de la aceleración de la gravedad punto a punto, para determinar las ondulaciones.

El área de los océanos es aproximadamente el triple de las tierras, por lo que la intersección de las dos superficies ( geoide y elipsoide ), tendrá lugar en el mar, a cierta distancia de las costas.

El geoide corresponde a una superficie de equilibrio o equipotencial, el elipsoide por el contrario es una superficie ficticia que facilita los cálculos.

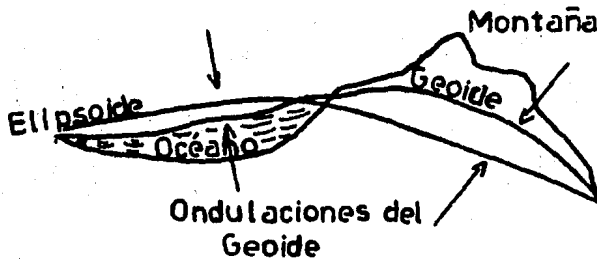


Fig. 2 Relación de las superficies del geoide y elipsoide

Desde un punto de vista realista no se puede representar a la Tierra con alguna figura matemática que no sea extraordinariamente compleja, ni con una figura como el geoide. Así pues los modelos son sólo aproximaciones, ya que la Tierra es un cuerpo sólido que no se parece a ningún otro.

## Dimensiones de la Tierra

En las Américas del Norte y del Centro se utiliza el elipsoide de Clarke 1866, quedando las siguientes medidas para las dimensiones de la Tierra.<sup>(6)</sup>

Radio ecuatorial	6 378 206.4	m
Radio polar	6 356 583.8	m
Circunferencia ecuatorial	40 075	Km
Circunferencia polar	39 583	Km
Valor de un grado ecuatorial	111 320.7	m
Valor de un grado de meridiano	110 943.3	m
Radio medio	6 370	Km
Achatamiento	1/294.97	

## CAPITULO III

## TRIANGULO ESFERICO

El triángulo esférico es aquel que está formado por tres arcos de circunferencia correspondientes a tres círculos máximos; en él se miden los lados y ángulos por medio de medidas angulares, como grados, minutos y segundos. Conociendo el radio de la esfera que se use, puede obtenerse la longitud de los lados. Un círculo máximo de una esfera se define, como el círculo formado por la intersección de un plano que pasa por el centro de la esfera, con la esfera misma.

En la figura 3, se tiene un triángulo esférico, sus lados corresponden a las letras minúsculas y sus vértices a las mayúsculas.

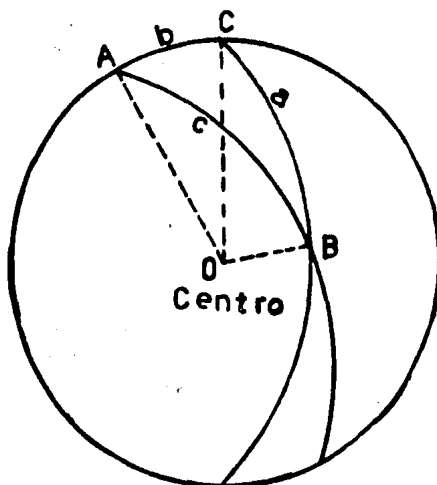


Fig. 3. Del triángulo esférico. A, B y C son cada uno de los vértices a, b y c son arcos de círculos máximos.

PROPIEDADES DEL TRIANGULO ESFERICO

1. Los ángulos, tanto planos como diedros de 2 lados, no van a - variar si se altera el radio de la esfera; consecuentemente - tanto la relación entre sus lados como los ángulos del trián- gulo son independientes de la longitud del radio.
2. La suma de dos lados cualesquiera va a ser mayor o igual que la del tercer restante.
3. En el triángulo esférico el lado mayor será opuesto al ángulo mayor, lo mismo el ángulo menor será opuesto al lado menor.
4. La suma de los tres lados de un triángulo esférico es menor o igual a  $360^\circ$ .
5. La suma de los tres ángulos es mayor o igual a  $180^\circ$  y menor - que  $540^\circ$ .
6. Un triángulo esférico oblicuángulo ( cuando no se tiene un - ángulo de  $90^\circ$  ) queda determinado cuando se conocen tres cua- lesquiera de sus elementos. (7)

Existen solo seis casos:

Caso I    Dados los tres lados

Caso II    Dados los tres ángulos

Caso III    Dados dos lados y el ángulo comprendido entre ellos

Caso IV    Dados dos ángulos y el lado comprendido entre ellos

Caso V    Dados dos lados y el ángulo opuesto a uno de ellos

Caso VI    Dados dos ángulos y el lado opuesto a uno de ellos



LA RESOLUCION DE LOS SEIS CASOS DEL TRIANGULO ESFERICO<sup>(8)</sup>

Caso I.- Se conocen los tres lados: a, b y c.

Se usan dos valores auxiliares que se obtienen de las siguientes fórmulas:

$$\tan r = \sqrt{\frac{\text{sen}(s-a) \text{sen}(s-b) \text{sen}(s-c)}{\text{sen } s}}$$

$$s = \frac{a+b+c}{2}$$

$$\tan \gamma^2 A = \frac{\tan r}{\text{sen}(s-a)}$$

Para conocer B y C se usan las mismas fórmulas.

Caso II.- Se conocen los tres ángulos: A, B y C.

Igual que la anterior se usan dos auxiliares.

$$\tan R = \frac{\cos(S-A) \cos(S-B) \cos(S-C)}{\cos(180^\circ - S)}$$

$$S = \frac{A+B+C}{2}$$

$$\cot \gamma^2 a = \frac{\tan R}{\cos(S-A)}$$

Para conocer b y c se usan las mismas fórmulas.

**Caso III.-** Conocidos dos lados y el ángulo comprendido entre ellos:

Se conocen a, c y B.

Para A y C, se usan 1 y 2. Para b se usa 3

$$1.- \tan^2 (A + C) = \cos^2 (a - c) \sec^2 (a + c) \cot^2 B$$

$$2.- \tan^2 (A - C) = \sen^2 (a - c) \csc^2 (a - c) \cot^2 B$$

$$3.- \tan^2 b = \tan^2 (a - c) \sen^2 (A + C) \csc^2 (A - C)$$

**Caso IV.-** Conocidos dos ángulos y el lado comprendido entre ellos:

Se conocen A, B y c.

Para a y b se usa 1 y 2. Para C se usa 3

$$1.- \tan^2 (b + a) = \cos^2 (B - A) \sec^2 (B + A) \tan^2 c$$

$$2.- \tan^2 (b - a) = \sen^2 (B - A) \csc^2 (B + A) \tan^2 c$$

$$3.- \cot^2 C = \sen^2 (b + a) \csc^2 (b - a) \tan^2 (B - A)$$

**Caso V.-** Conocidos dos lados y el ángulo opuesto a uno de ellos:

Se conocen a, c y A.

Para C y B se usa 1 y 2. Para b se usa la 3

$$1.- \sen C = \sen c \csc a \sen A.$$

$$2.- \cot^2 B = \sen^2 (c + a) \csc^2 (c - a) \tan^2 (C - A)$$

$$3.- \tan^2 b = \sen^2 (C + A) \csc^2 (C - A) \tan^2 (c - a)$$

Caso VI.- Se conocen dos ángulos y un lado opuesto a uno de ellos:

A, B, a.

Para b y c se usan las fórmulas 1 y 2 y para C se usa la 3.

$$1.- \text{sen } b = \text{sen } B \text{ csc} A \text{ sen } a$$

$$2.- \tan^2 c = \text{sen}^2 (B + A) \text{ csc}^2 (B - A) \tan^2 (b - a)$$

$$3.- \cot^2 C = \text{sen}^2 (b + a) \text{ csc}^2 (b - a) \tan^2 (B - A)$$

En la esfera celeste se presentan una serie de círculos - máximos, que dan lugar al triángulo esférico. Conocidos algunos valores de la esfera celeste, se pueden calcular otros mediante el triángulo astronómico, que no es más que el triángulo esférico aplicado a la astronomía.

## CAPITULO IV

## ESFERA CELESTE

La esfera celeste geocéntrica es una esfera imaginaria de radio infinito, que tiene como centro, el centro de la Tierra, sirve de auxilio para el estudio de posiciones y movimientos de los astros. Astros: cuerpos celestes; cualquier cuerpo proyectado en la esfera celeste. Los astros se dividen en dos categorías principales: los que están fijos entre sí, como las estrellas, y los que se mueven respecto a las estrellas, como los astros del sistema solar. En esta esfera imaginamos a todos los astros a la misma distancia de nosotros, como si estuvieran pegados a la esfera. Si observamos el cielo en una noche, con las mejores condiciones de visibilidad, el número de estrellas que se pueden distinguir a simple vista es de 2 a 3 mil.

Si observamos las estrellas en diferentes horas, las vamos a encontrar en diferentes posiciones con respecto al horizonte, pero sin cambiar la posición relativa entre ellas mismas, por lo que se les llama estrellas fijas.

Es una serie de observaciones se verá que las estrellas, que al principio estaban cerca del occidente, han desaparecido debajo del horizonte, mientras que otros nuevos grupos de estrellas, que no se veían al principio, se han levantado por el oriente. Debido a esto la esfera celeste da la impresión de girar en torno al observador.

El movimiento aparente que tienen las estrellas y el Sol, es el movimiento diurno, tienen una dirección de oriente a occidente (movimiento retrógrado), se le llama movimiento diurno, porque la esfera celeste completa una vuelta en un día, véase figura (4).



El movimiento directo es por ejemplo, aquel que tiene la Tierra en su movimiento de rotación, llevando una dirección de occidente a oriente, véase figura (4).

En la esfera celeste se presentan líneas, círculos y puntos que sirven de referencia para estudiar el movimiento de conjunto de los astros y apoyar con esto a la Astronomía de Posición.

Las líneas, círculos y puntos más importantes son (véanse - figuras 5, 6 y 7).

Líneas: Vertical, Eje de la esfera Celeste, Meridiana, Eje de la Eclíptica.

Círculos: Meridiano Celeste, Círculo Horario, Ecuador Celeste, Horizonte Celeste, Círculo Vertical, Primer - Círculo Vertical, Eclíptica.

Puntos: Cenit, Nadir, Norte, Sur, Este, Oeste, Polos Celestes, Polos Norte y Sur de la Eclíptica, Punto Vernal.

## L I N E A S

**Vertical:**

se llama vertical de un lugar en la Tierra a la dirección que toma una plomada en ese lugar; es una recta que tiene aproximadamente la dirección del radio terrestre. La vertical es una línea perpendicular al plano horizontal que pasa por el observador, véase (figura 5).

**Eje de la Esfera Celeste:**

es el eje rotación de la Tierra y es la línea alrededor de la cual aparentemente gira la esfera celeste en su movimiento diurno, véase (figura 5).

**Meridiana:**

es la línea formada por la intersección del plano del meridiano celeste con el plano del horizonte, véase (figura 5).

**Eje de la Eclíptica:**

es la línea perpendicular al plano de la eclíptica que pasa por el centro de la esfera celeste, véase (figura 6).

## C I R C U L O S

## Meridiano Celeste:

es el círculo máximo que contiene al cenit, al nadir y a los polos celestes; no debe confundirse con el meridiano terrestre, véase (figura 5).

Un observador tiene su meridiano terrestre y su meridiano celeste. El meridiano terrestre de un observador es el - semicírculo máximo de la esfera terrestre que pasa por el observador y por lo polos de la Tierra. En la figura 7 - se muestran los meridianos celeste y terrestre. El prime ro puede considerarse como un círculo máximo fijo, de la esfera celeste al que conviene utilizar como referencia - para las posiciones de las estrellas arrastradas por el - movimiento diurno de la esfera celeste. En la figura 7 - se ha representado a la esfera celeste sin hacer referen- cia al horizonte del observador y alterando las escalas de tal manera que sea posible mostrar en ella una esfera terrestre, la cual se ha dibujado concéntrica con la ce- leste. Así se pone de manifiesto que el meridiano terres tre y el meridiano celeste del observador están en mismo plano, además, se hace notar que la vertical en un lugar dado de la Tierra no es sino un radio de la esfera terres tre. En esa figura no se traza el plano del horizonte, - pero se han señalado los cuatro puntos cardinales corres- pondientes al observador.

## Círculo Horario de un astro:

es el semicírculo máximo de la esfera celeste que pasa por los polos celestes y por el astro, véase (figura 5).



**Ecuador celeste:**

es el círculo máximo de la esfera celeste perpendicular - al eje del mundo. Se obtiene de prolongar el ecuador terrestre (el cual es un círculo equidistante de los polos de la Tierra; aequare significa igualar) indefinidamente hasta cortar la esfera celeste y es perpendicular al eje de rotación terrestre, véase (figura 7).

**Horizonte Celeste:**

es el círculo máximo perpendicular a la vertical, es el plano formado por los puntos cardinales norte, sur, este y oeste, véase (figura 5).

**Círculo Vertical de un astro:**

es el semicírculo máximo que pasa por el cenit, el nadir y el astro, véase (figura 5).

**Primer Círculo Vertical:**

es el círculo vertical perpendicular al meridiano pasa - por los puntos cardinales este y oeste, véase (figura 5).

**Eclíptica:**

es la intersección de la esfera celeste con el plano de - la órbita de la Tierra. El eje del mundo forma un ángulo de  $23^{\circ} 27'$  con el eje de la eclíptica, esto quiere decir que el eje de rotación de la Tierra forma ese mismo ángulo con la perpendicular al plano de la eclíptica, o sea,

que el plano del ecuador terrestre forma ese ángulo con el plano de la órbita de la Tierra, véase (figura 6). En consecuencia, la eclíptica es el camino que aparentemente, sigue el Sol como consecuencia del movimiento de translación de la Tierra. Así se verá que cada 24 horas avanza un ángulo de poco menos de un grado en sentido directo, o sea de occidente a oriente, si se van uniendo uno tras otro los puntos así obtenidos, se tiene la trayectoria aparente del Sol, la cual, en un año, describirá un círculo máximo que recibe el nombre de eclíptica. Si en la esfera celeste marcamos el ecuador celeste y la eclíptica, se formará un ángulo de  $23^{\circ} 27'$  entre estos dos círculos máximos, el nombre que recibe este ángulo es oblicuidad de la eclíptica.

#### P U N T O S

**Cenit:**

es el punto de intersección de la vertical hacia arriba, con la esfera celeste, véase (figura 5).

**Nadir:**

Es el punto de intersección de la vertical hacia abajo, con la esfera celeste, véase (figura 5).

**Puntos Cardinales Norte y Sur:**

son los puntos de intersección que se originan cuando la meridiana corta a la esfera celeste, véase (figura 5).

**Puntos Cardinales Oeste y Este:**

son los puntos de intersección del primer círculo vertical con la esfera celeste. También son los puntos de intersección del ecuador celeste con el horizonte celeste, - véase (figura 5).

**Polos Celestes:**

son los puntos de intersección de la esfera celeste con - el eje del mundo, hacia el norte y hacia el sur. También se les llama polos del mundo. Son respectivamente el polo Norte Celeste y el polo Sur celeste, véase (figura 5).

**Polos Norte y Sur de la Eclíptica:**

son los puntos de intersección del eje de la eclíptica - con la esfera celeste, véase (figura 6).

**Punto Vernal:**

es el punto donde la eclíptica corta al ecuador celeste al pasar el Sol, en su movimiento aparente, del hemisferio sur al hemisferio norte celestes. Se le conoce también como el punto del equinoccio de primavera o punto - gamma, véase (figura 6).

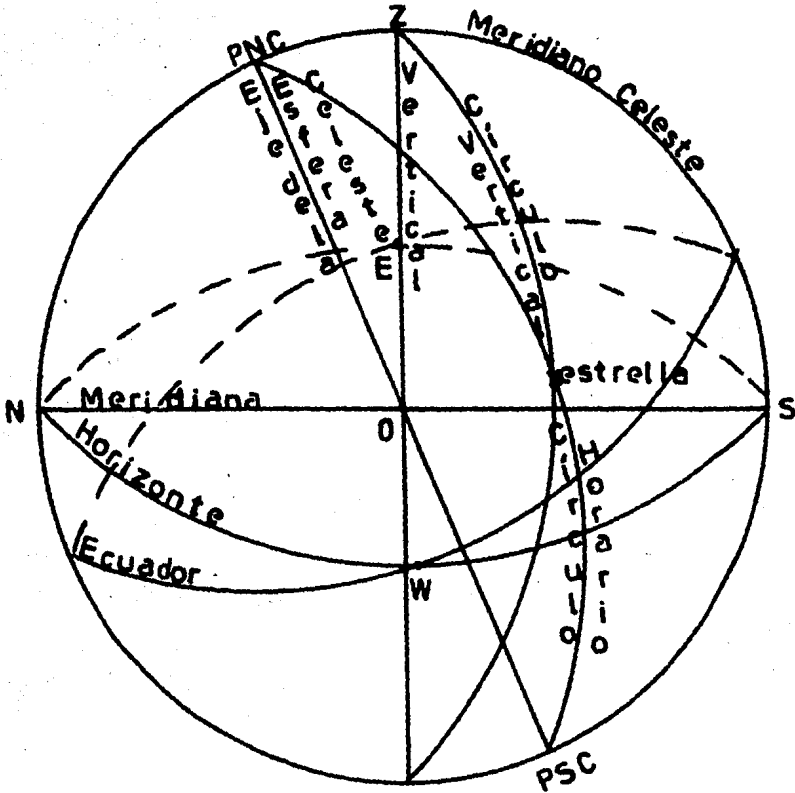


Figura N° 5

Z CENIT

N' NADIR

PUNTOS CARDINALES	N-NORTE	S-SUR
	E-ESTE	W-OESTE
O CENTRO DE LA ESFERA CELESTE		
PNC POLO NORTE CELESTE		
PSC POLO SUR CELESTE		

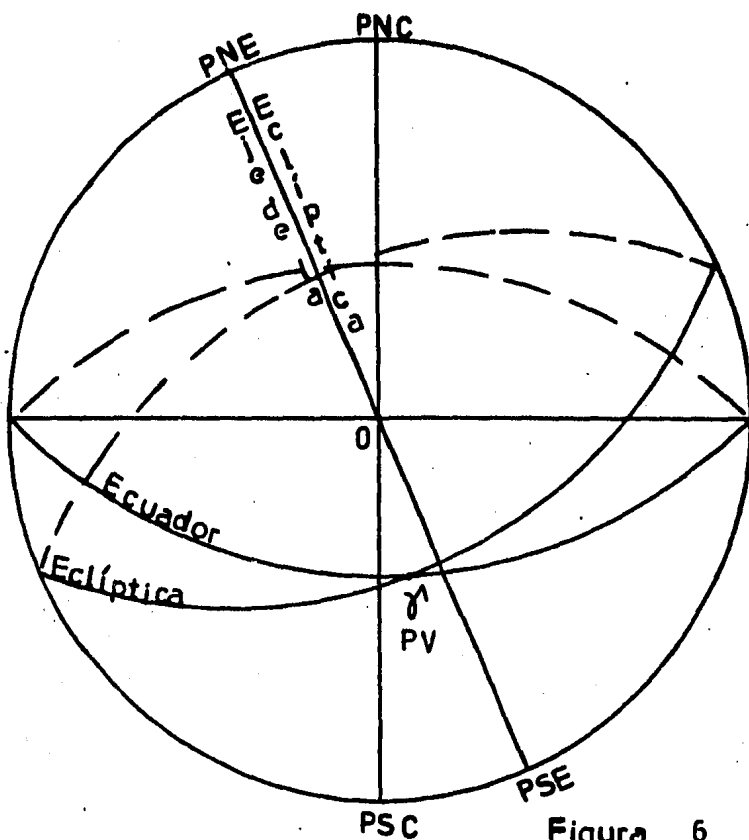


Figura 6

- PNC-Polo Norte Celeste  
 PSC-Polo Sur Celeste  
 PNE-Polo Norte de la Eclíptica  
 PSE-Polo Sur de la Eclíptica  
 PV - Punto Vernal -  $\gamma$   
 O - Centro de la Esfera Celeste

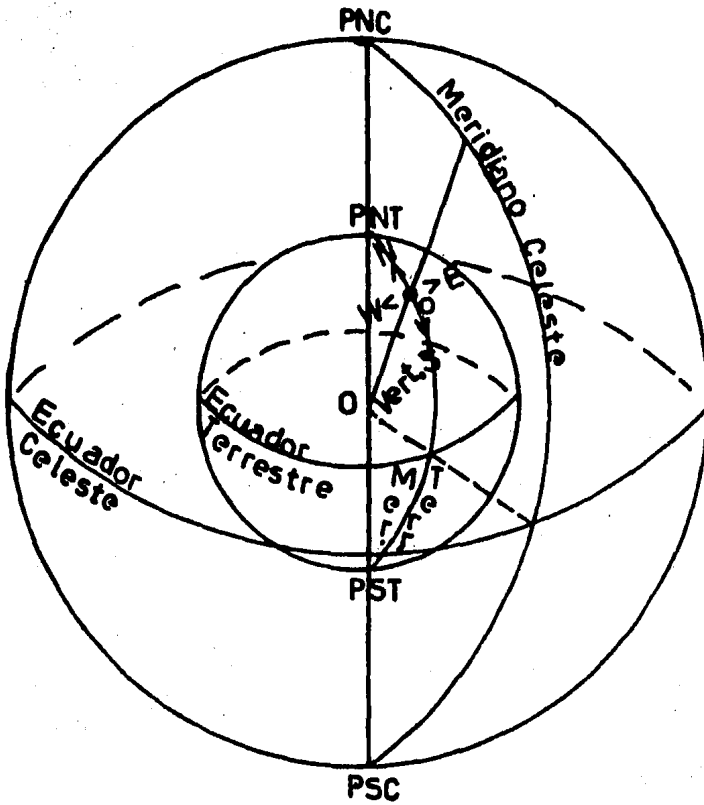


Figura 7

- PNC - POLO NORTE CELESTE  
 PSC - POLO SUR CELESTE  
 PNT - POLO NORTE TERRESTRE  
 PST - POLO SUR TERRESTRE  
 O - CENTRO DE LA ESFERA CELESTE  
 o - OBSERVADOR  
 DIRECCIONES DEL OBSERVADOR  
 N - NORTE S - SUR  
 E - ESTE W - OESTE

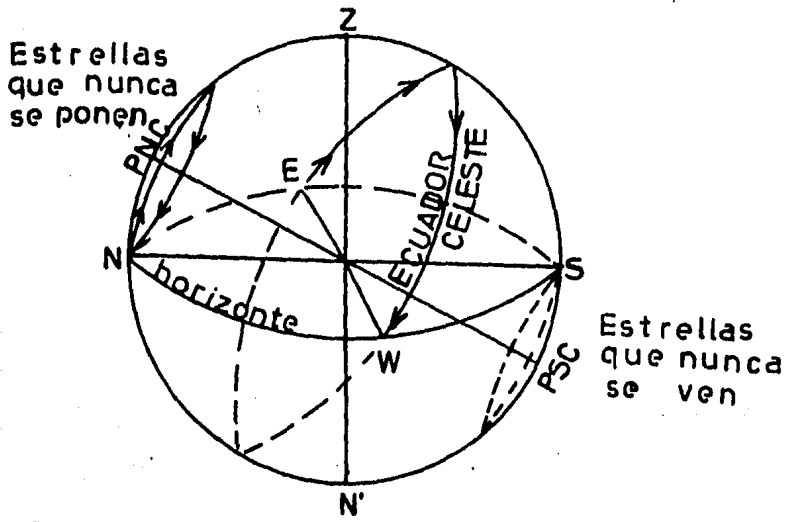
Debido a la inclinación del eje del mundo respecto al plano - del horizonte, hay partes del cielo que siempre están por encima y otras que siempre están por debajo del horizonte celeste; por ello, las estrellas se pueden clasificar en tres tipos dependiendo de su posición en el cielo y de la latitud del observador:

- A) Las que nunca se ponen
  - B) Las de salida y puesta
  - C) Las que nunca son vistas
- 
- A) Las primeras que se encuentran cerca del polo celeste que se encuentra por encima del horizonte celeste (el norte si el observador está en el hemisferio norte terrestre). Se llaman estrellas circumpolares.
  - B) Las segundas son las estrellas que salen por el semicírculo oriental del horizonte celeste y se ponen por lado occidental.
  - C) Las terceras son estrellas cercanas al polo contrario al primero y nunca se ven en latitudes iguales o mayores a la del observador.

La figura 8 nos muestra los tres tipos de estrellas.

Como consecuencia de la pequeñez de la Tierra en relación con la esfera celeste, puede considerarse que las visuales trazadas desde puntos cualesquiera de la Tierra a los polos celestes, son paralelas al eje del mundo. En la figura 9 se ve que para un observador que se mueve de A a B, cambia la altura de un objeto cercano; por el contrario la altura de la estrella Polar no cambia - al considerar paralelas las dos visuales, debido a la distancia.

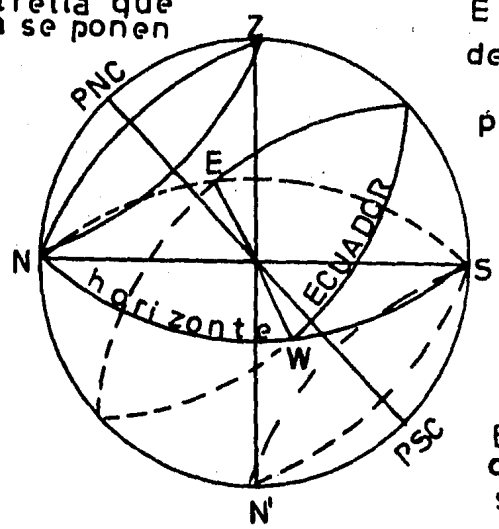
Estrellas de salida y puesta



CERCA DEL ECUADOR TERRESTRE

Estrella que nunca se ponen

Estrellas de salida y puesta



CERCA DEL POLO NORTE TERRESTRE

Figura 8



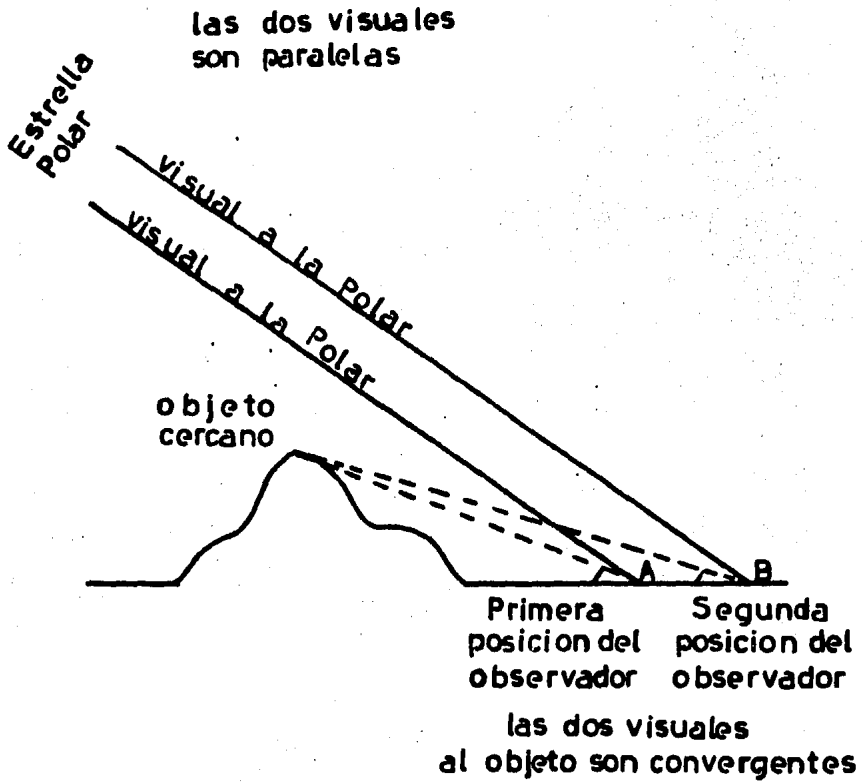


Figura 9

### Coordenadas Celestes

En Astronomía se usan sistemas de coordenadas, para poder fijar la posición de un astro en la esfera celeste. Los sistemas de coordenadas cuentan con algunas características generales.<sup>(9)</sup>

- A) El punto de origen de todos los sistemas es el centro de la esfera celeste.
- B) Cada sistema tiene un plano fundamental y un radio vector.
- C) En cada sistema una de las coordenadas se mide a partir de una dirección fija del plano fundamental de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  ó de 0 a 24 horas; la otra coordenada se mide a uno y otro lado del plano fundamental.

El primer sistema es el de coordenadas horizontales. En este sistema las coordenadas son acimut y altura, las cuales son dos ángulos, que sirven para definir la posición que en un momento dado tiene una estrella con relación al horizonte y al meridiano celeste.

La altura de un astro es el ángulo formado entre el horizonte y la visual dirigida al astro véase (figura 10). La altura se mide de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  positivamente hacia el cenit y negativamente hacia el nadir. También se usa la distancia cenital, la cual es el ángulo formado entre la vertical y la visual al astro. La distancia cenital es el complemento de la altura.

El acimut de un astro es el ángulo diedro formado entre el -

plano del círculo vertical que pasa por el astro y el plano del meridiano celeste. En Astronomía el acimut se mide a partir del sur hacia el oeste de 0 a 360°, véase (figura 10). En topografía y en Geografía se mide a partir del norte. Estas coordenadas se miden con teodolito.

El segundo sistema corresponde al sistema de coordenadas ecuatoriales y las coordenadas son: ángulo horario y declinación, en este sistema una coordenada es fija y corresponde a la declinación.

El ángulo horario de un astro, es el ángulo que forma su círculo horario con el plano del meridiano celeste hacia el oeste y - en sentido del movimiento diurno véase (figura 11). El ángulo - horario se mide en tiempo o en arco, su medida es de 0° a 360°. O también de 0 a 24 horas, por lo que se hacen las siguientes relaciones:

360°	=	24	horas
15°	=	1	hora
15'	=	1	minuto
15''	=	1	segundo

Declinación de un astro es el ángulo que forma la visual al astro con el plano del ecuador celeste, véase (figura 11). Se mide de 0° a 90° hacia el norte o al sur, siendo positivo en el primer caso y negativo en el segundo. Estas coordenadas se miden con el ecuatorial o con un anteojo meridiano que se mueve sobre el plano del meridiano celeste, y un reloj.

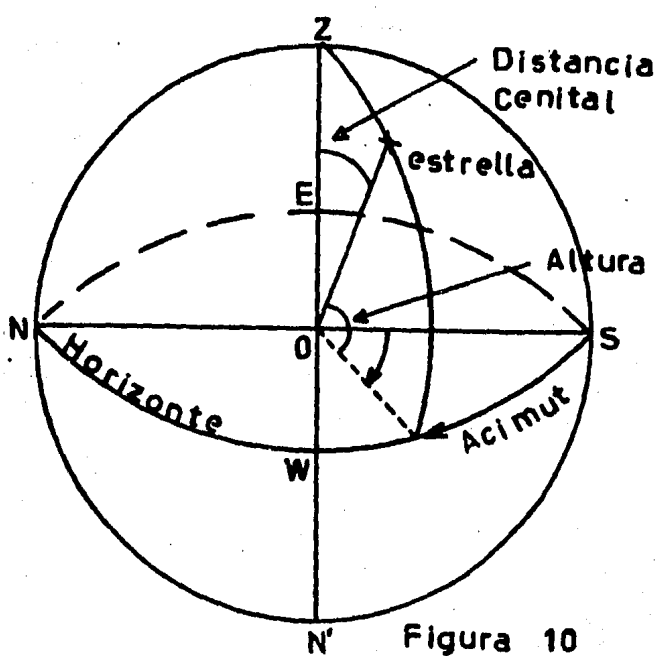
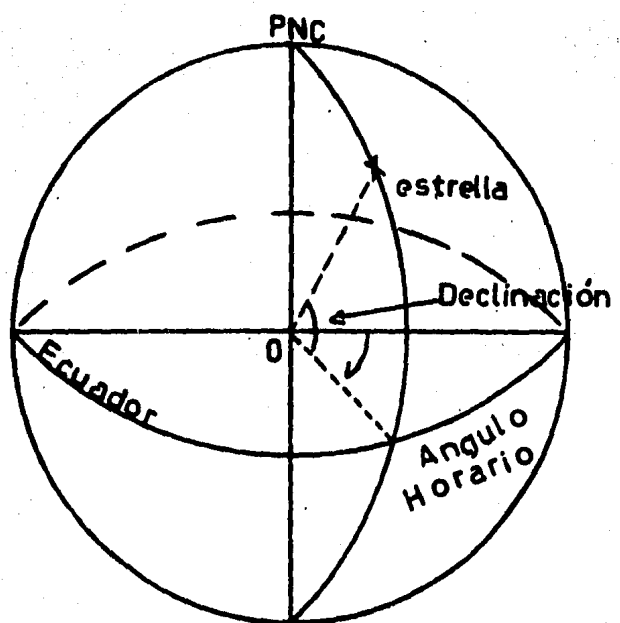


Figura 10



PSC Figura 11

El tercer sistema también corresponde al sistema de coordenadas ecuatoriales y las coordenadas de este sistema son: ascensión recta y declinación. Este sistema es el más usado en Atronomía y el anterior tiene un caracter secundario.

Ascensión recta de un astro es el ángulo diedro formado por el círculo horario del punto vernal y por el círculo horario del astro. Se mide a partir del punto vernal en sentido directo, es decir hacia el este va de 0 a 24 horas, véase (figura 12).

La declinación es el ángulo definido en el 2º sistema de coordenadas.

El cuarto sistema de coordenadas corresponde a las coordenadas eclípticas, sus coordenadas son latitud y longitud celestes.

Latitud celeste de un astro es el ángulo formado por la visual al astro con el plano de la eclíptica, véase (figura 13). Se mide hacia el norte o hacia el sur de la eclíptica de 0º a 90º , también positiva y negativamente, como la declinación.

Longitud celeste de un astro es el ángulo diedro que se forma entre los planos de dos círculos máximos, que pasan por los polos eclípticos, uno de ellos es el círculo que pasa por el punto vernal y el otro corresponde al círculo del astro. Se mide sobre la eclíptica a partir del punto vernal de 0º a 360º en sentido directo, véase (figura 13).

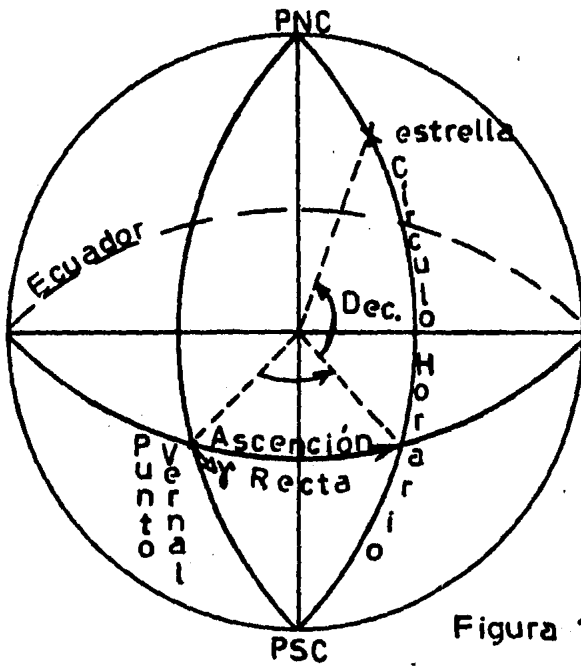


Figura 12

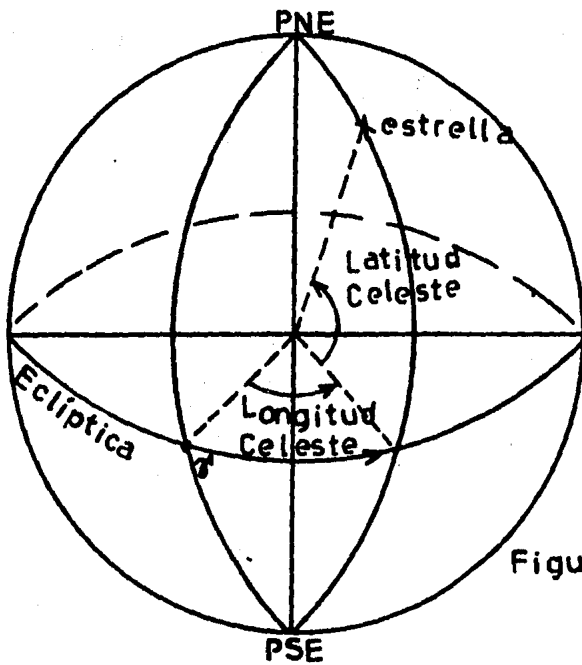


Figura 13

Conocidas las coordenadas ecuatoriales de un astro y, simultáneamente, las coordenadas horizontales del mismo, es posible calcular la latitud y longitud geográficas de cualquier punto o lugar de la superficie terrestre, y el acimut geográfico de una dirección desde ese punto.

### Triángulo Astronómico

En la figura 14 aparecen los principales puntos, círculos y líneas imaginarias de la esfera celeste. Así como la formación del triángulo astronómico que se definirá más adelante. Las literales significan lo siguiente:

PNC = Polo Norte Celeste	Az = Acimut
PSC = Polo Sur Celeste	H = Angulo Horario
PNE = Polo Norte de la Eclíptica	Q = Angulo Paraláctico
PSE = Polo Sur de la Eclíptica	$\delta$ = Declinación
N = Norte	$\phi$ = Latitud del lugar
S = Sur	a = altura
E = Este	O = Centro de la Esfera Celeste
W = Oeste	Z = Cenit
PV = Punto Vernal = $\gamma$	N' = Nadir
X = Estrella	

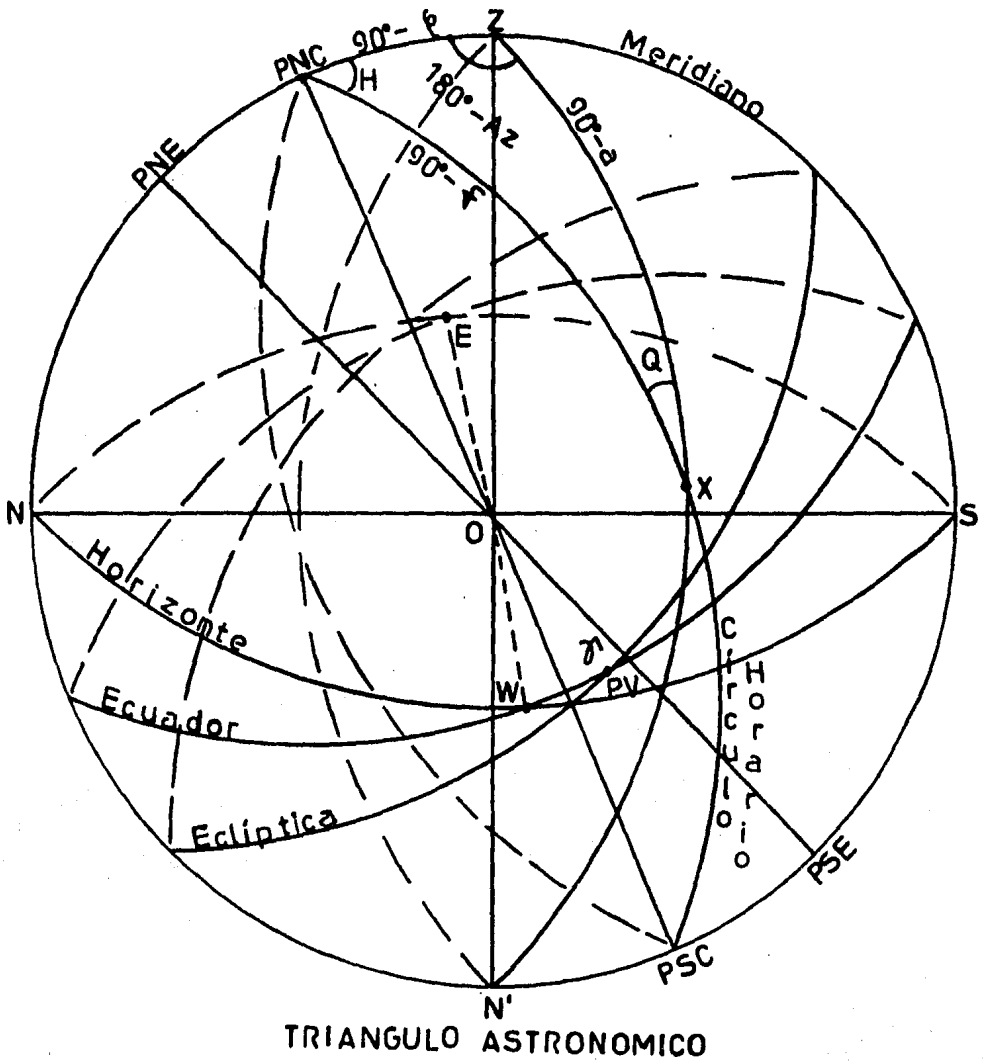


Figura 14



El triángulo astronómico se forma con los vértices de: el cenit, el polo norte celeste, y la posición de un astro.

Los tres lados son:  $90^\circ - \varphi$  = colatitud  
 $90^\circ - \delta$  = codeclinación  
 $90^\circ - a$  = distancia cenital

Estos tres lados son segmentos de arco de tres círculos máximos que son:

El meridiano celeste,  
 el círculo horario del astro,  
 y el círculo vertical del astro.

Los planos de los círculos anteriores forman ángulos diedros en cada vértice:

- 1) Angulo horario del astro, formado por el plano meridiano y el del círculo horario.
- 2) Angulo complemento del acimut,  $180^\circ - \text{Acimut}$ , formado por el plano meridiano y el plano del círculo vertical que pasa por el astro.
- 3) Angulo paraláctico, representado por la letra Q, que es el ángulo formado por el plano del círculo vertical del astro y por el círculo horario.

En Astronomía de Posición se cuenta con problemas básicos, - los cuales pueden ser solucionados mediante el estudio del triángulo astronómico.

### Transformación de Coordenadas

En el trabajo de la Astronomía de posición es necesario el - cambio de un sistema de coordenadas a otro, por ser cada uno de éstos útil para distintos propósitos.

Los casos más frecuentes es pasar de acimut y altura a declinación y ángulo horario o ascensión recta, así como en el caso - inverso, en el caso de estudios de objetos del sistema planetario, el paso de coordenadas ecuatoriales a coordenadas eclípticas y visceversa es importante.

Fórmulas para pasar de coordenadas horizontales a ecuatoriales.

$$\tan H = \tan Az \quad \text{Sen } M \text{ Sec } (\varphi - M)$$

$$\tan \mathcal{F} = \tan (\varphi - M) \text{ Cos } H$$

$$\alpha = Ts - H \quad (\text{ver capítulo de Tiempo})$$

donde:  $M = \tan z \text{ Cos } Az$

$Az =$  Acimut astronómico

$\varphi =$  latitud del observador

$Ts =$  Tiempo sidéreo

$H =$  Angulo horario

$M =$  Variable a calcular

$\alpha =$  Ascensión recta

$z =$  Distancia cenital

Fórmulas para pasar de coordenadas ecuatoriales a horizontales.

$$\tan Az = \tan H \text{ Cos } N \text{ Csc } (\varphi - N)$$

$$\tan z = \tan (\varphi - N) \text{ Sec } Az$$

$$H = Ts - \alpha$$

donde;  $\tan N = \tan \mathcal{F} \text{ Sec } H$

Las literales significan lo mismo que en el caso anterior.

## CAPITULO V

### OBSERVACIONES ASTRONOMICAS

La medida de los ángulos verticales y horizontales que se le pueden realizar a un astro, se consideran como las observaciones astronómicas en este trabajo.

En el caso del Sol, las observaciones se deben de realizar - con cielo despejado, se pueden hacer a la salida (orto) y a su puesta (ocaso), contando en los dos casos con unas dos horas para su realización.

El equipo mínimo para realizar observaciones al Sol es:

Equipo humano (tres personas como mínimo) :

Una persona para medir los ángulos.

Una segunda persona para medir el tiempo.

Una tercera persona que apunte los datos.

Equipo material:

Una casa de campaña, por si la zona se encuentra retirada de la ciudad.

Elementos necesarios según el tiempo que se tenga que permanecer en la estación (víveres).

Instrumentos indispensables:

Un teodolito ( en el caso de esta Tesis se usó un Wild T<sup>2</sup> ).

Un helioscopio (aditamento que va situado en el objetivo del teodolito, para poder realizar medidas al Sol directamente).

Una brújula (para obtener un acimut que va de la estación as

tronomica a un punto escogido (antena de Rectoría).

Un cronómetro (para tomar la hora media de cada medida).

Un termómetro (para obtener la temperatura promedio de cada serie de reiteraciones).

Un barómetro (para obtener la presión promedio de cada serie de reiteraciones).

Una libreta, un lápiz y goma para anotar los valores.

Para ubicar el sitio exacto de la estación es necesario hacer una mojonera, que consiste en un poste de concreto que sirve para fijar límites.

El teodolito Wild T<sup>2</sup>, es un instrumento para medir ángulos - horizontales y verticales, con una aproximación angular de un - segundo. Sus dimensiones son, aproximadamente 30 cm. de alto y 15 cm de diámetro; el anteojo tiene una longitud de 145 mm. - Las partes que componen al teodolito Wild T<sup>2</sup> aparecen en la fi- gura (15).

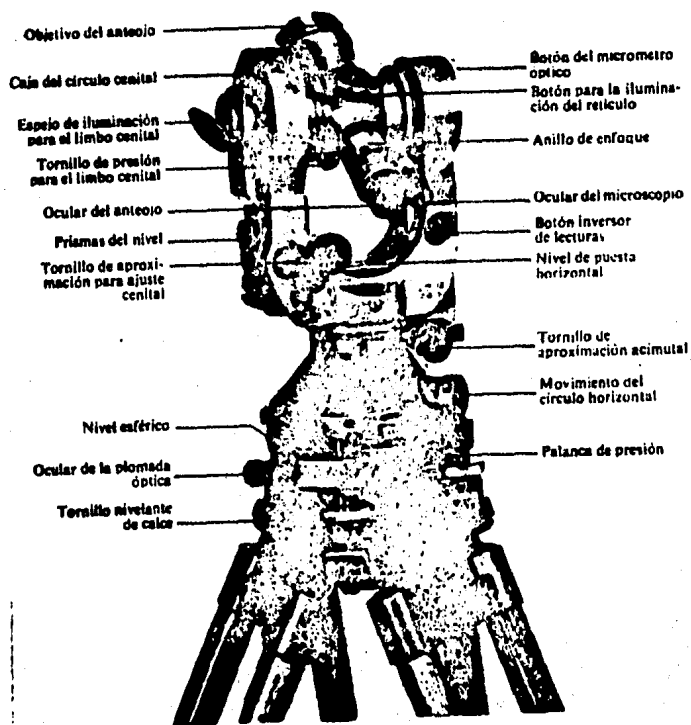


Figura 15

Teodolito Wild T<sup>2</sup>. Montes de Oca " Topograffa " Representaciones y Servicios de Ingeniería. México 1980.

## MEDIDA DE ANGULOS

Para realizar las observaciones angulares se conocen 3 métodos.

El Primero es el método simple y consiste en medir un ángulo partiendo del cero, es decir, directamente, sirve para medida de ángulos poco precisa.

El segundo método es el de repeticiones, se usa con instrumentos de 1' a 30'' de aproximación y consiste en medir el ángulo varias veces, pero acumulando las lecturas; es decir, después de medir el ángulo, se vuelve a medir pero no empezando en ceros, sino con el valor del ángulo anterior, con esto vamos acumulando pequeñas fracciones. En el registro se anota la primera medida y la última, se divide la última medida entre las veces que se repitió la operación.

El tercer método es el de reiteraciones, se usan aparatos que aproximan 1" o 2". Los valores de los ángulos se obtienen mediante diferencias de dirección. El origen de las direcciones puede ser una línea cualquiera o la dirección Norte. Con este sistema se utiliza toda la graduación del limbo horizontal para prevenir cualquier error de ella (errores de graduación y excentricidad de los círculos graduados). Se realizan medidas en forma directa e inversa colocando el anteojo en forma inversa (dando vuelta de campana).

Este tercer método fue el que se utilizó para medir los ángulos horizontales y verticales de este trabajo, por tal motivo, se describe la manera de realizar dos reiteraciones. El instrumento utilizado fue un teodolito Wild T<sup>2</sup> el cual mide distancias

cenitales en el círculo vertical. La estación que se tomó para realizar las observaciones, corresponde al Observatorio Meteorológico del Colegio de Geografía, localizado en los campos deportivos de Ciudad Universitaria.

#### Procedimientos para realizar reiteraciones.

Se visa un punto auxiliar fijo, que en este caso fue la antena de Rectoría. Se coloca en cero grados cero minutos y algunos segundos el limbo y la alidada; de aquí se visa el Sol y así se mide el ángulo horizontal directo, - así como su altura, que también es directa, y se anota la hora en que se - hizo la operación. Se da una vuelta de campana al anteojo del teodolito y se visa el Sol midiendo los ángulos horizontal y vertical que resultan, anotando la hora de medida de estos dos ángulos, que son inversos. Se vuelve a visar la antena de Rectoría y se completa con esto una reiteración, se - toma la temperatura ambiente y la presión atmosférica, se promedian para - realizar las correcciones por refracción y por paralaje.

La segunda reiteración empieza sumándole un ángulo a la última medida de la antena; el valor de este ángulo por regla general es mayor que 360 dividido entre el número de reiteraciones. Se parte de la antena con este nuevo - valor, se visa el Sol y se mide su ángulo horizontal y vertical así como la hora de observación. Estas medidas son inversas debido a la posición del - anteojo del teodolito, se da una vuelta de campana al anteojo, se visa al - Sol y se miden los ángulos horizontal y vertical así como la hora. En este caso las medidas son directas. De aquí se vuelve a visar la antena y cerramos nuestra segunda reiteración.

Es esta Tesis se realizaron 12 reiteraciones para obtener en cada una án gulos por medio de diferencias y su promedio, así como el tiempo en que se realizaron.

## Lugar: Ciudad Universitaria, Estación Meteorológica

Pt.Obs	Angulo Horizontal		Angulo Vertical		Reiteración 1	
	Directo	Inverso	Directo	Inverso	tiempo	Notas
Ant.R.	00° 00' 32"					26/IV/81 Presión 586.6 mm Temperatura Promedio 11.15 °C
Sol	113° 52' 32"		78° 17' 06"		7h 05m 30s	
Sol		293° 59' 24"		282° 03' 18"	7m 01s	
Ant.R.		180° 00' 08"				

Ang.

Cal. 113° 52' 30" 113° 59' 16" 78° 17' 06" 77° 56' 42"

Por Dif.

Promedio      113° 55' 53"                      78° 06' 54"                      7h 6m 15s5

                    Angulo Horizontal                      Distancia Zenital                      Tiempo medio

## Lugar: Ciudad Universitaria, Estación Meteorológica

Pt.Obs	Angulo Horizontal		Angulo Vertical		Reiteración 2	
	Directo	Inverso	Directo	Inverso	tiempo	Notas
Ant.R.		230° 00' 04"				26/IV/81 Presión 586.6 mm Temperatura Promedio 11.15 °C
Sol		344° 12' 32"		282° 44' 39"	7h 9m 58s	
Sol	164° 18' 52"		76° 54' 05"		11m 29s5	
Ant.R.	50° 00' 01"					

Ang.

Cal. 114° 18' 51" 114° 12' 28" 76° 54' 05" 77° 15' 21"

Por Dif.

Promedio      114° 15' 39"5                      77° 04' 43"                      7h 10m 43s75



Lugar: Ciudad Universitaria, Estación Meteorológica

Pt.Obs	Angulo Horizontal		Angulo Vertical		Reiteración 3	
	Directo	Inverso	Directo	Inverso	tiempo	Notas
Ant.R.	100° 00' 04"					26/IV/81 Presión 586.6 mm Temperatura Promedio 11.5 °C
Sol	214° 27' 50"		76° 26' 07"		7h 13m 29s	
Sol		34° 33' 14"		283° 50' 28"	14m 43s	
Ant.R.		280° 00' 11"				

Ang. Cal.

Por Dif.

114° 27' 46" 114° 33' 03" 76° 26' 07" 76° 09' 32"

Promedio

114° 30' 24"576° 17' 49"57h 14m 06s

Lugar: Ciudad Universitaria, Estación Meteorológica

Pt.Obs	Angulo Horizontal		Angulo Vertical		Reiteración 4	
	Directo	Inverso	Directo	Inverso	tiempo	Notas
Ant.R.		330° 00' 13"				26/IV/81 Presión 586.6 mm Temperatura Promedio 11.15°C
Sol		84° 44' 45"		284° 26' 54"	7h 17m 19s	
Sol	264° 50' 58"		75° 13' 06"		18m 43s	
Ant.R.	150° 00' 12"					

Ang. Cal.

Por Dif.

114° 50' 46" 114° 44' 32" 75° 13' 06" 75° 33' 06"

Promedio

114° 47' 39"75° 23' 06"7h 18m 01s

Lugar: Ciudad Universitaria, Estación Meteorológica

Pt.Obs	Angulo Horizontal		Angulo Vertical		Reiteración 5	
	Directo	Inverso	Directo	Inverso	tiempo	Notas
Ant.R.	00° 01' 02"					26/IV/81 Presión 586.6 mm Temperatura Promedio 13.35°C
Sol	115° 19' 42"		73° 39' 28"		7h 25m 28s	
Sol		295° 24' 15"		286° 34' 22"	26m 30s	
Ant.R.		180° 00' 04"				

Ang. Cal.

Por Dif.

115° 18' 40" 115° 24' 11" 73° 39' 28" 73° 25' 38"

Promedio

115° 21' 25"573° 32' 33"7h 25m 59s

Lugar: Ciudad Universitaria, Estación Meteorológica

Pt.Obs	Angulo Horizontal		Angulo Vertical		Reiteración 6	
	Directo	Inverso	Directo	Inverso	tiempo	Notas
Ant.R.		230° 00' 12"				26/IV/81 Presión 586.6 mm Temperatura Promedio 13.35°C
Sol		345° 35' 40"		287° 11' 29"	7h 29m 07s	
Sol	165° 39' 44"		72° 34' 23"		30m 05s	
Ant.R.	50° 00' 12"					

Ang. Cal.

Por Dif.

115° 39' 32" 115° 35' 28" 72° 34' 23" 72° 48' 31"

Promedio

115° 37' 30"72° 41' 27"7h 29m 36s

Lugar: Ciudad Universitaria, Estación Meteorológica

Pt.Obs	Angulo Horizontal		Angulo Vertical		Reiteración 7	
	Directo	Inverso	Directo	Inverso	tiempo	Notas
Ant.R.	100° 00' 19"					26/IV/81 Presión 586.6 mm Temperatura Promedio 13.35°C
Sol	215° 59' 00"		71° 31' 34"		7h 34m 34s	
Sol		36° 03' 46"		288° 43' 25"	35m 42s	
Ant.R.		280° 00' 20"				

Ang. Cal.

Por Dif.

115° 58' 41" 116° 03' 26" 71° 31' 34" 71° 16' 35"

Promedio 116° 01' 03"5 71° 24' 04"5 7h 35m 08s

Lugar: Ciudad Universitaria, Estación Meteorológica

Pt.Obs	Angulo Horizontal		Angulo Vertical		Reiteración 8	
	Directo	Inverso	Directo	Inverso	tiempo	Notas
Ant.R.		330° 00' 15"				26/IV/81 Presión 586.6 mm Temperatura Promedio 13.35 °C
Sol		86° 16' 02"		289° 23' 30"	7h 38m 34s08	
Sol	266° 21' 06"		70° 19' 41"		39m 44s02	
Ant.R.	150° 00' 17"					

Ang. Cal.

Por Dif.

116° 20' 49" 116° 15' 47" 70° 19' 41" 70° 36' 30"

Promedio 116° 18' 18" 70° 28' 05"5 7h 39m 09s05

Lugar: Ciudad Universitaria, Estación Meteorológica

Pt.Obs	Angulo Horizontal		Angulo Vertical		Reiteración 9	
	Directo	Inverso	Directo	Inverso	tiempo	Notas
Ant.R.	00° 03' 07"					26/IV/81 Presión 586.6 mm Temperatura Promedio 16.05 °C
Sol	117° 14' 17"		67° 17' 18"		7h 52m 46s8	
Sol		297° 38' 05"		293° 45' 40"	57m 19s3	
Ant.R.		180° 03' 23"				

Ang. Cal.

Por Dif.

117° 11' 10" 117° 34' 42" 67° 17' 18" 66° 14' 20"

Promedio 117° 22' 56"

66° 45' 49"

7h 55m 03s05

Lugar: Ciudad Universitaria, Estación Meteorológica

Pt.Obs	Angulo Horizontal		Angulo Vertical		Reiteración 10	
	Directo	Inverso	Directo	Inverso	tiempo	Notas
Ant.R.		230° 04' 45"				26/IV/81 Presión 586.6 mm Temperatura Promedio 16.05 °C
Sol		348° 38' 42"		297° 01' 14"	8h 11m 11s	
Sol	169° 10' 27"		61° 28' 23"		18m 48s	
Ant.R.	50° 04' 34"					

Ang. Cal.

Por Dif.

119° 05' 53" 118° 33' 57" 61° 28' 23" 62° 58' 46"

Promedio 118° 49' 55"

62° 13' 34"5

8h 14m 59s5

Lugar : Ciudad Universitaria, Estación Meteorológica

Pt. Obs	Angulo Horizontal		Angulo Vertical		Reiteración 11	
	Directo	Inverso	Directo	Inverso	tiempo	Notas
Ant.R.	100° 00' 08"					26/IV/81 Presión 586.6 mm Temperatura Promedio 16.05 °C
Sol	219° 47' 58"		58° 50' 50"		8h 28m 40s	
Sol		39° 54' 35"		301° 29' 58"	30m 15s	
Ant.R.		280° 00' 17"				

Ang. Cal.

Por Dif.

119° 47' 50" 119° 54' 18" 58° 50' 50" 58° 30' 02"

Promedio 119° 51' 04"58° 40' 26"8h 29m 27s5

Lugar: Ciudad Universitaria, Estación Meteorológica

Pt. Obs	Angulo Horizontal		Angulo Vertical		Reiteración 12	
	Directo	Inverso	Directo	Inverso	tiempo	Notas
Ant.R.		330° 00' 04"				26/IV/81 Presión 586.6 mm Temperatura Promedio 16.05 °C
Sol		90° 26' 00"		302° 55' 19"	8h 37m 33s	
Sol	270° 39' 42"		55° 44' 01"		40m 46s	
Ant.R.	150° 00' 03"					

Ang. Cal.

Por Dif.

120° 39' 39" 120° 25' 56" 55° 44' 01" 57° 04' 41"

Promedio 120° 32' 47"s56° 24' 21"8h 39m 09s5

### Correcciones a las observaciones

Al llevar a cabo una observación astronómica, las medidas - angulares estarán afectadas por una serie de errores que dependerán de las características de los instrumentos, de la forma de usarlos, de las condiciones meteorológicas del lugar donde se realiza la observación, así como las características del terreno y, finalmente, si el punto visado tiene un diámetro apreciable.

Las correcciones que deben aplicarse a las observaciones son las siguientes: (10)

- A) Instrumentales
- B) Por defectos de observación
- C) Por la desviación de los rayos luminosos al atravesar la atmósfera (refracción atmosférica).
- D) Debido al lugar ocupado por el observador (paralaje)
- E) Por el punto visado del astro (semidiámetro).

Los errores que se corregirán en las observaciones realizadas en este trabajo son:

1. Instrumentales por graduación y excentricidad de los círculos graduados, así como los errores de colimación, estos errores se anulan o minimizan con el método de reiteraciones.
2. El error de refracción atmosférica, debido a que los rayos luminosos del Sol y las estrellas son refractados en la atmósfera, haciendo aparecer a un astro en posición tal, que parece estar a una altura mayor que la verdadera. Debido a esta refracción es necesario corregir las alturas y distan-

cias cenitales observadas. Como consecuencia de ello no conviene hacer observaciones a menos de  $10^\circ$  de altura, - ya que el error es muy grande y difícil de corregir.

La corrección por refracción tiene un signo negativo para las - alturas y signo positivo para las distancias cenitales. Por me dio de la figura 16, se deduce la corrección por refracción.

Z = Cenit

A<sub>m</sub> = Altura media

A<sub>v</sub> = Altura verdadera

z<sub>m</sub> = Distancia cenital medida

z<sub>v</sub> = Distancia cenital verdadera

P = Corrección por refracción.

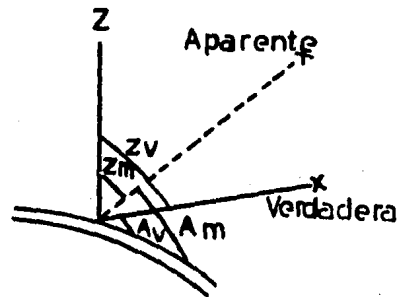


Figura ( 16 )

Para realizar la corrección por refracción se desarrolla la si- guiente fórmula:  $R = r \cdot B \cdot T$  (11)

donde R es la corrección por refracción, que resulta de un pro- ducto de tres factores que se obtienen de la siguiente forma:

$r = 60'' \cdot 6 \tan z$  Factor por distancia cenital

$B = \frac{\text{Presión atmosférica en mm}}{762}$  Factor por presión atmosférica

$T = \frac{1}{(1 + 0.004 t)}$  Factor por temperatura en  $^\circ\text{C}$

A continuación, la corrección por refracción se aplica a cada - una de las reiteraciones realizadas.

Reiteración 1. Distancia cenital observada = 78° 06' 54"

$$\psi = 60''6 \tan 78^\circ 06' 54'' = 287.941$$

$$B = \frac{586.6}{762} = 0.769$$

$$T = \frac{1}{(1+0.004(11.5))} = 0.957$$

Distancia cenital corregida = 78° 06' 54" + 0° 3' 32" = 78° 10' 26".2

Reiteración 2. Distancia cenital observada = 77° 04' 43"

$$\psi = 264.140$$

$$B = 0.769$$

$$T = 0.957$$

Distancia cenital corregida = 77° 04' 43" + 0° 03' 14" = 77° 07' 57".65

Reiteración 3. Distancia cenital observada 76° 17' 49".5

$$\psi = 248.536$$

$$B = 0.769$$

$$T = 0.957$$

Dist. cenital corregida = 76° 17' 49".5 + 0° 03' 3"15 = 76° 20' 52".65

Reiteración 4. Distancia cenital observada = 75° 23' 06"

$$\psi = 232.397$$

$$B = 0.769$$

$$T = 0.957$$

Dist.cenital corregida = 75°23'06" + 0° 02' 51"26 = 75° 25' 57"26

Reiteración 5. Distancia cenital observada = 73° 32' 33"

$$\psi = 205.140$$

$$B = 0.769$$

$$T = 0.949$$

Dist.cenital corregida = 73° 32' 33" + 0° 02' 29"91 = 73° 35' 02".91



Reiteración 6. Distancia cenital observada =  $72^{\circ} 41' 27''$

$$\epsilon = 194.454$$

$$B = 0.769$$

$$T = 0.949$$

$$\text{Dist.cenital corregida} = 72^{\circ} 41' 27'' + 0^{\circ} 02' 22''10 = 72^{\circ} 43' 49''1$$

Reiteración 7. Distancia cenital observada =  $71^{\circ} 24' 04''5$

$$\epsilon = 180.082$$

$$B = 0.769$$

$$T = 0.949$$

$$\text{Dist.cenital corregida} = 71^{\circ} 24' 04''5 + 0^{\circ} 02' 11''60 = 71^{\circ} 26' 16''1$$

Reiteración 8. Distancia cenital observada =  $70^{\circ} 28' 05''5$

$$\epsilon = 170.827$$

$$B = 0.769$$

$$T = 0.949$$

$$\text{Dist.cenital corregida} = 70^{\circ} 28' 05''5 + 0^{\circ} 02' 04''83 = 70^{\circ} 30' 10''33$$

Reiteración 9. Distancia cenital observada =  $66^{\circ} 45' 49''$

$$\epsilon = 141.142$$

$$B = 0.769$$

$$T = 0.939$$

$$\text{Dist.cenital corregida} = 66^{\circ} 45' 49'' + 0^{\circ} 01' 42''09 = 66^{\circ} 47' 31''09$$

Reiteración 10. Distancia cenital observada =  $62^{\circ} 13' 34''5$

$$\epsilon = 115.065$$

$$B = 0.769$$

$$T = 0.939$$

$$\text{Dist.cenital corregida} = 62^{\circ} 13' 34''5 + 0^{\circ} 01' 23'' = 62^{\circ} 14' 57''73$$

Reiteración 11. Distancia cenital observada =  $58^{\circ} 40' 26''$

$\phi = 99.567$

B = 0.769

T = 0.939

Dist.cenital corregida =  $58^{\circ} 40' 26'' + 0^{\circ} 01' 07''51 = 58^{\circ} 41' 38''02$

Reiteración 12. Distancia cenital observada =  $56^{\circ} 24' 21''$

$\phi = 91.230$

B = 0.769

T = 0.939

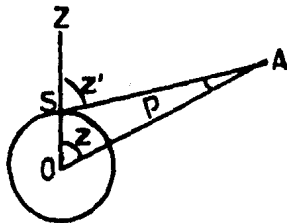
Dist.cenital corregida =  $56^{\circ} 24' 21'' + 0^{\circ} 01' 05''99 = 56^{\circ} 25' 26''99$



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFIA

3. Corrección debida a el lugar ocupado por el observador, es la corrección por paralaje tiene como finalidad que el centro de la Tierra funcione como el punto de observación, ya que este punto es el origen de las coordenadas celestes.

Figura 17.



En la figura 17, O es el centro de la Tierra, S el lugar ocupado por el observador y Z su cenit; al medir la distancia cenital de un astro A, se obtendrá el ángulo ZSA =  $z'$ ; para reducir dicho ángulo al que se hubiera observado en el centro de la Tierra, o sea el ZOA =  $z$ , habrá que restar el ángulo p (llamado ángulo de paralaje) al primero: esto es  $z = z' - p$ . (12)

Para obtener el valor de la corrección por paralaje se desarrolla la siguiente fórmula;  $P = 8'' . 80 \text{ sen } z'$ . (13)

Donde P es el valor de la corrección por paralaje y  $z'$  es la distancia cenital observada.

La corrección por paralaje es negativa para las distancias cenitales y positiva para las alturas. Esta corrección se realiza a las 12 reiteraciones en las páginas siguientes.

## Corrección por paralaje.

## Reiteración 1.

Distancia cenital observada (seno). =  $z'$  =  $78^{\circ} 06' 54''$   
 $8''.80 \text{ sen } z'$ . =  $0^{\circ} 0' 08'' 61$   
 Dist. cenital corregida por refracción =  $78^{\circ} 10' 26'' 2$   
 Distancia cenital corregida por re-  
 fracción y por paralaje. =  $78^{\circ} 10' 17'' 58$

## Reiteración 2.

Distancia cenital observada (seno). =  $z'$  =  $77^{\circ} 04' 43''$   
 $8''.80 \text{ sen } z'$ . =  $08'' 57$   
 Dist. cenital corregida por refracción =  $77^{\circ} 07' 57'' 65$   
 Distancia cenital corregida por re-  
 fracción y por paralaje. =  $77^{\circ} 07' 49'' 08$

## Reiteración 3.

Distancia cenital observada (seno). =  $z'$  =  $76^{\circ} 17' 49'' 5$   
 $8''.80 \text{ sen } z'$ . =  $08'' 54$   
 Dist. cenital corregida por refracción =  $76^{\circ} 20' 52'' 65$   
 Distancia cenital corregida por re-  
 fracción y por paralaje =  $76^{\circ} 20' 44'' 11$

## Reiteración 4.

Distancia cenital observada (seno) . = z' =	75° 23' 06"
8"80 sen z' .	= 08" 51
Dist. cenital corregida por refracción	= 75° 25' 57" 26
Distancia cenital corregida por re- fracción y por paralaje.	= 75° 25' 48" 75

## Reiteración 5.

Distancia cenital observada (seno) . = z' =	73° 32' 33"
8"80 sen z' .	= 08" 43
Dist. cenital corregida por refracción	= 73° 35' 02" 91
Distancia cenital corregida por re- fracción y por paralaje.	= 73° 34' 54" 48

## Reiteración 6.

Distancia cenital observada (seno) . = z' =	72° 41' 27"
8"80 sen z' .	= 8" 40
Dist. cenital corregida por refracción	= 72° 43' 49" 1
Distancia cenital corregida por re- fracción y por paralaje.	= 72° 43' 40" 7

## Reiteración 7.

Distancia cenital observada (seno) . = z' =	71° 24' 04" 5
8"80 sen z' .	= 08" 34
Dist. cenital corregida por refracción	= 71° 26' 16" 1
Distancia cenital corregida por re- fracción y por paralaje.	= 71° 26' 07" 76

## Reiteración 8.

Distancia cenital observada (seno) . = z' =	70° 28' 05" 5
8"80 sen z' .	= 08" 29
Dist. cenital corregida por refracción	= 70° 30' 10" 33
Distancia cenital corregida por re- fracción y por paralaje.	= 70° 30' 02" 04

## Reiteración 9.

Distancia cenital observada (seno) . = z' =	66° 45' 49"
8"80 en z' .	= 08" 08
Dist. cenital corregida por refracción	= 66° 47' 31" 09
Distancia cenital corregida por re- fracción y por paralaje.	= 66° 47' 23" 01

## Reiteración 10 .

Distancia cenital observada (seno) . = z =	62° 13' 34" 5
8"80 sen z' .	= 07" 78
Dist. cenital corregida por refracción	= 62° 14' 57" 73
Distancia cenital corregida por re- fracción y por paralaje.	= 62° 14' 49" 95

## Reiteración 11 .

Distancia cenital observada (seno) . = z =	58° 40' 26"
8"80 sen z' .	= 07" 51
Dist. cenital corregida por refracción	= 58° 41' 38" 02
Distancia cenital corregida por re- fracción y por paralaje	= 58° 41' 30" 51

## Reiteración 12 .

Distancia cenital observada (seno) . = z =	56° 24' 21"
8"80 sen z' .	= 07" 33
Dist. cenital corregida por refracción	= 56° 25' 26" 99
Distancia cenital corregida por re- fracción y por paralaje.	= 56° 25' 19" 66

## CAPITULO VI

## TIEMPO

En términos generales se usa para expresar el concepto de - duración. En Astronomía, la rotación y la translación terrestre sirven para medir el tiempo.

Tipos de Tiempo:

Tiempo Sidéreo

Tiempo Solar Verdadero

Tiempo Solar Medio

La unidad del tiempo sidéreo, o sideral, es el día sidéreo, - y corresponde al paso entre dos culminaciones sucesivas del punto vernal (aproximadamente, el de una estrella cualquiera). Culminación de un astro (o de un punto) es el paso superior del astro (o de un punto) por el meridiano celeste del observador. Por lo tanto es un tiempo local.

En el tiempo solar verdadero, la unidad es el día solar verda dero, que es el tiempo transcurrido entre dos pasos inferiores - consecutivos del Sol por el meridiano de un lugar.

La unidad del tiempo solar medio es el día solar medio. Este surge debido a que la duración del día solar verdadero es diferen te en el transcurso del año. Esa diferencia es cíclica y se repi te cada año. Se debe a que la velocidad de la Tierra, en su movimiento alrededor del Sol, es variable, dependiendo de la distancia que la separa de éste, de acuerdo con la 2a Ley de Kepler. La duración del día solar medio es, pues, el promedio de la du-



ración de los días solares verdaderos de un año completo y sería igual a la duración del día solar verdadero si la órbita de la Tierra fuese circular y no elíptica. El día solar medio puede definirse como el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del "sol medio" por el meridiano, siendo el sol medio un sol ficticio que se mueve sobre el ecuador celeste con velocidad circular constante.

La característica de estos sistemas es que en todos ellos el tiempo está relacionado con el ángulo horario del llamado punto cero del sistema. En el tiempo sideral el punto cero del sistema es el equinoccio de primavera o punto vernal. En el tiempo solar verdadero el punto cero es el centro del Sol y en el tiempo solar medio lo es el llamado sol medio, pero ahora el tiempo solar (verdadero o medio) es el ángulo horario del punto cero respectivo más 12 h (se restan 24 horas, si esta operación resulta ser mayor que 24 horas).

Para medir el tiempo sidéreo se utiliza la hora sidérea o sideral. Se puede definir como el tiempo transcurrido desde la culminación superior del punto vernal en el meridiano del lugar. Se mide de 0 a 24 horas siderales y es igual al ángulo horario del punto vernal medido en horas.

Podemos calcular la hora sidérea conociendo la ascensión recta de una estrella y midiendo su ángulo horario. Estas tres cantidades están relacionadas por la siguiente expresión:

Hora sideral de un lugar = Angulo horario de una estrella  
 + Ascensión recta de la misma estrella  
 o sea ,  $T_s = H + \alpha$ .

La hora sideral a las 0 horas solares medias del meridiano de 90° W.G. se encuentra tabulada para cada día del año en el Anuario del Observatorio Astronómico Nacional

En el tiempo solar verdadero se usa la hora solar verdadera, que es siempre local, esto es del lugar. Se puede definir como el tiempo transcurrido desde la última culminación inferior del Sol en el meridiano del lugar. Se mide de 0 a 24 horas (estas horas no son de duración constante; sólo indican la posición - del Sol respecto al meridiano celeste). El Sol verdadero no se encuentra fijo en coordenadas ecuatoriales como el punto vernal, sino que aparentemente se desplaza cerca de 1° diario, respecto a las estrellas, y la velocidad angular de giro aparente del Sol alrededor de la Tierra es menor que el de las estrellas, perdiendo así aproximadamente una revolución completa, o sea 24 horas, en un año trópico.

1 año trópico tiene 366.242197 días siderales.

1 año trópico tiene 365.242197 días solares.

El año trópico es el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del Sol por el equinoccio vernal. (14)

En el tiempo solar medio se usa la hora solar media o hora civil, y se define como el tiempo transcurrido desde la última culminación inferior del sol medio en el meridiano del lugar. Cuando

se refiere a algún meridiano escogido por convención (como el de 90° por ejemplo), es la hora que marcan nuestros relojes y se le llama hora legal.

El tiempo solar medio y el tiempo solar verdadero difieren por menos de 17 minutos (dependiendo del día del año), pero - se pueden transformar uno en otro mediante la ayuda de la ecuación del tiempo, teniendo la siguiente relación:

Tiempo solar medio = tiempo solar verdadero + Ecuación del tiempo.

$$T_{sm} = T_{sv} + E_t .$$

La ecuación del tiempo es la corrección en tiempo que hay que sumar a la hora solar verdadera para obtener la hora solar media, a veces es de signo positivo y otras de signo negativo, ya que el Sol verdadero en unas épocas se adelanta y en otras se atraza con respecto al Sol medio. El valor de la ecuación del tiempo para cada día del año se puede encontrar en las efémerides del Sol en el Anuario del Observatorio Astronómico Nacional.

En algunas operaciones como es el cálculo de las coordenadas geográficas, se emplea la hora local, o sea la del meridiano - del lugar donde está el observador.

También es necesario conocer la diferencia entre la hora que marca el reloj y la hora local; esta diferencia se llama "estado del reloj" y se simboliza  $\Delta T$ . También es conocida como marcha - delta y se puede determinar mediante dos formas:

1. Escuchando señales de la hora exacta
2. Determinando el ángulo horario del Sol, corregir por la ecuación del tiempo y conocer la longitud del lugar.

Para calcular la marcha delta con el ángulo horario del Sol - se calcula primero la hora local, empleando la siguiente relación:

$$\text{Hora Local} = 12 \pm \text{Ángulo horario del Sol} + \text{Ecuación del tiempo.}$$

Para el uso de esta relación, el ángulo horario se define - como el ángulo que forma el círculo horario con el plano del meridiano celeste, hacia el este o hacia el oeste y va de 0 a 12 - horas en los dos casos.

La diferencia de esta hora local con la hora cronométrica es el estado del reloj. En esta relación el ángulo horario se suma si el Sol se encontraba al oeste del meridiano del lugar, y se resta si el Sol estaba al este del meridiano del lugar.

Si la hora local es mayor que la hora cronométrica se considera positivo el estado del reloj, y el reloj se encontraba atrasado, por el contrario si la hora local es menor que la hora cronométrica se considera negativo el estado del reloj, por lo que se encontraba adelantado.

Ejemplo de cálculo del estado del reloj o marcha delta  $\Delta T$ .

Calcular el estado del reloj o marcha delta para el 26 de abril de 1981, en Ciudad Universitaria, a una latitud de  $19^{\circ} 19' 50''$  y una longitud de  $6h 36m 44.2s$ . Si la hora de observación fue a las  $7h 6m 15.5s$ .

Fórmula a usar: Hora local =  $12^{\pm} H + ET$

El ángulo horario se obtiene;  $\cos H = \frac{\cos z - \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \delta}{\cos \varphi \cos \delta}$

La ecuación del tiempo se obtiene de las Efemérides del Sol del Anuario del Observatorio Astronómico, el valor aparece para cada día para el meridiano de  $90^{\circ}$  W.G. por lo que hay que corregir - por ubicación y por hora de observación.

Los valores que se necesitan son:

Distancia cenital corregida (  $z$  ) =  $78^{\circ} 10' 17'' 58$

Declinación para el Sol en el meridiano  $90^{\circ}$  W.G. a las 12 de tiempo medio el 26 de abril de 1981 (Efemérides del Sol) =  $13^{\circ} 39' 15''$

Declinación interpolada para la hora de observación =  $13^{\circ} 35' 19''.91$

$\cos H = \frac{\cos 78^{\circ} 10' 17'' - \operatorname{sen} 19^{\circ} 19' 50'' \operatorname{sen} 13^{\circ} 35' 19''.91}{\cos 19^{\circ} 19' 50'' \cos 13^{\circ} 35' 19''.91}$

$H = 82^{\circ} 01' 40'' 47$

$H = 5h 28m 6.69s$

Una vez obtenido el ángulo horario se pasa a calcular la ecuación del tiempo (  $ET$  ).

Cálculo de la ecuación del tiempo ( ET ), para la hora y longitud deseada.

ET 25 abril = - 2m 8.5s  
 ET 26 abril = - 2m 18.5s  
 diferencia - 10 s

La diferencia se divide entre 24, para obtener el valor de la ET para una hora, y el resultado es multiplicado por el incremento de longitud, y por el intervalo de tiempo de la hora de observación con las 12 horas de tiempo medio :

$$\frac{-10s}{24} \quad \frac{x}{36m \ 44.2s} \quad ; \quad x = -0h \ 0m \ 0.26 \ s \quad \text{Corrección por ubicación.}$$

$$\frac{-10}{24} \quad \frac{x}{4h \ 51m \ 26.01s} \quad ; \quad x = -0h \ 0m \ 2.02s \quad \text{Corrección por hora de observación.}$$

Ecuación del tiempo calculada = -2m 16.22s

Cálculo de la hora local :  $12 - H + ET$

$$12 - 5h \ 28m \ 6.69s + ( - 2m \ 16.22s ) = 6h \ 29m \ 37.09s$$

A esta hora local se le suma el incremento de longitud con respecto al meridiano de  $90^\circ$ , y corresponde sumarle 36m 44.2s dando como resultado 7h 6m 21.29s.

$$\text{Hora local } 7h \ 6m \ 21.29s - \text{hora media } 7h \ 6m \ 15.5s = 5.79s$$

El estado del reloj o marcha delta es de 5.79s, al ser positivo quiere decir que el reloj se encontraba atrazado.

Para transformar el tiempo sidéreo en tiempo medio, y el tiempo medio en tiempo sidéreo se recurre a las siguientes fórmulas.

$$TS = Tc + To - \Delta \lambda + \Delta Ts.$$

$$Tc = Ts - To + \Delta \lambda - \Delta Tc.$$

El significado de las literales es el siguiente:

$Ts$  = Tiempo sidéreo

$Tc$  = Tiempo medio

$To$  = Hora sideral a las 0 horas del meridiano de  $90^{\circ}$  W.G. - -  
(valor que se encuentra en el Anuario del Observatorio -  
Astronómico Nacional págs. 26 y 27 ).

$\Delta \lambda$  = Incremento de longitud

$\Delta Ts$  = Incremento de tiempo sidéreo. (Anuario pág. 173)

$\Delta Tc$  = Incremento de tiempo medio. (Anuario pág. 174)

Calcular el tiempo medio en Ciudad Universitaria para el 1o. de Julio de 1981, correspondiente a la 3h 1m 33.84s de tiempo - sidéreo. Fórmula a usar :  $T_c = T_s - T_o + \Delta \lambda - \Delta T_c$ .

Longitud de la Cúpula de Ingeniería = 6h 36m 44.2s  
 Hora sidereal a las 0h del meridiano  
 90° al Oeste de Greenwich. = 18h 36m 49.33s  
 Tiempo sidéreo = 3h 1m 33.84s  
 Incremento de Longitud = 36m 44.2s

El incremento de tiempo medio se obtiene realizando las operaciones de la fórmula,  $T_s - T_o + \Delta \lambda$ , y realizar la conversión - necesaria con ayuda de la tabla IX, de la página 174 del Anuario.

Ts =	3h	1m	33.84s
	-		
To =	18h	36m	49.33s
	+		
$\Delta \lambda =$		36m	44.2 s
	9h	1m	28.71s

Conversión de este último dato en incremento de tiempo medio.

9h		1m	28.47s
	1m 20s		0.22s
	8.71s		0.02s
		1m	28.71s
Ts - To + $\Delta \lambda =$	9h	1m	28.71s
	-		
Tc =	1m	28.71s	
	9h	00m	00.00s
Tiempo medio =	9h	00m	00.00s



Calcular el tiempo sidéreo en Ciudad Universitaria para el 1o. de Julio de 1981, correspondiente a las 9h 0m 0s de tiempo medio.

Fórmula a usar :  $T_s = T_c + T_o - \Delta \lambda + T_s$  .

Longitud de C.U. (Cúpula de Ingeniería) = 6h 36m 44.2s

Tiempo medio. = 9h 00m 00.0s

Hora sidereal a la 0 h del meridiano 90°

al Oeste de Greenwich del día citado = 18h 36m 49.332

Dato de la página 27 de Anuario del Observatorio Astronómico Nacional.

Incremento de Longitud. = 0h 36m 44.2.

Incremento de tiempo sidéreo. = 0h 1m 28.71s

Dato de la página 173 del Anuario.

Desarrollo de la fórmula:

$T_c = 9h \quad 00m \quad 00s$

$T_o = + 18h \quad 36m \quad 49.33s$

$\Delta \lambda = - \quad \quad 36m \quad 44.2 \quad s$

$T_s = + \quad \quad \quad 1m \quad 28.71s$

27h 1m 33.84s (Se les restan 24 horas)

El tiempo sidéreo es 3h 1m 33.84s

Calcular el tiempo verdadero en Ciudad Universitaria el 14 de Junio de 1981 a las 9h 00m 00s, de tiempo medio

La realización de este problema se resuelve con la fórmula siguiente:

Tiempo solar verdadero = Tiempo solar medio - Ecuación del tiempo

El dato a obtener es la ecuación del tiempo para la hora señalada y para la ubicación del lugar.

Obtención del valor de la ecuación del tiempo para cada hora de ese día.

ET = Ecuación del tiempo a las 12h T.C. (Efemérides del Sol en el Anuario)

13 Junio Et = -1.6 s

14 Junio Et = 11.0 s

12.6 s de valor para las 24 horas

Este valor se divide entre 24 y nos resulta el valor de cada hora.

Longitud de la Cúpula de Ingeniería = 6h 36m 44.2s

Incremento de longitud = 36m 44.2s

Corrección por ubicación :

$$\frac{12.6}{24} = \frac{x}{36m. 44.2s} ; x = 0.321s \quad 11.0s - 0.321s = 10.679s$$

Corrección por hora observada:

Hora de paso por el meridiano = 12h 00m 10.97s

Hora de observación = 9h 00m 00.00s

Intervalo de tiempo = 3h 00m 10.97s

$$\frac{12.6}{24} (3h 00m 10.97) = 1.58s$$

10.679s - 1.58s = 9.099s Et para la hora y lugar señalados

Tiempo verdadero = 9h 00m - 9.099s = 8h 59m 50.9s

Calcular el tiempo solar verdadero en Aguascalientes Ags. el 13 de Junio de 1981, correspondiente a las 8h 20m 15.5s de tiempo medio.

La resolución de este problema es igual al anterior con el uso de:

Tiempo solar verdadero = Tiempo solar medio - Ecuación del tiempo.

Obtención del valor de la ecuación del tiempo para en el lapso de 24 horas.

12 Junio Et = - 14.0s

13 Junio Et = - 1.6s

12.4s. este valor se divide entre 24 y nos da el valor para cada hora.

Longitud Aguascalientes (Terraza Iglesia Merced) = 6h 49m 12.3s

Incremento de longitud. = 49m 12.3s

Corrección por ubicación:

$$\frac{12.4}{24} = \frac{x}{49m \ 12.3 \ s} ; x = 0.42 \ s. (-1.6s - (+0.42s)) = -2.02$$

Corrección por hora observada:

Hora de paso por el meridiano. = 11h 59m 58.40s

Hora por observación. = 8h 20m 15.5 s

Intervalo de tiempo. = 3h 39m 42.90s

$$\frac{12.4}{24} ( 3h \ 39m \ 42.90s ) = 1.89s$$

-2.02s - (1.89s) = -3.91s Et para la hora y lugar señalado.

Tiempo verdadero = 8h 20m 15.5s - (-3.91s) = 8h 20m 19.41s

CAPITULO VII  
COORDENADAS GEOGRAFICAS

LATITUD LONGITUD ACIMUT

Las coordenadas geográficas son: latitud longitud y altitud, las dos primeras son calculadas con el triángulo astronómico, - así como también el acimut, aunque este ángulo no es una coordenada geográfica, sirve para calcular posiciones geográficas.

La altitud, es la distancia vertical de un punto de la superficie terrestre con respecto al nivel medio del mar, " Puede definirse al nivel medio del mar tomando en un lugar determinado - su altura media, en su flujo y reflujó en un período de tiempo - bastante largo " (15). La altitud se obtiene por medio de nivelaciones sin hacer uso de la astronomía de posición.

Se va a calcular la latitud y la longitud del Observatorio de Meteorología y el acimut que corresponde a la línea del Observatorio a la Antena de Rectoría.

LATITUD

La latitud geográfica o latitud astronómica, es el ángulo - diedro formado por el plano del ecuador terrestre y la vertical del lugar. Se mide de 0º a 90º a partir del ecuador hacia el - Sur o al Norte.

La latitud geográfica se puede calcular por los siguientes - métodos:

- 1) Por observación de una estrella o el Sol en cualquier posición.
- 2) Por observaciones de la Polar.
- 3) Por distancias cenitales meridianas de una astro.
- 4) Por distancias cenitales circunmeridianas de un astro.
- 5) Por la observación de dos estrellas que culminen al Norte y Sur del cenit.
- 6) Por observación del Sol en un momento cualquiera (método de dos posiciones ).

Para calcular la latitud del observatorio de Meteorología , - se usará el método de observación de una estrella o el Sol en - cualquier posición. El desarrollo de este método es:

Fórmula para calcular latitud :  $\cos (\varphi - K) = \cos z \operatorname{sen} K \operatorname{csc} \delta$  .

Se necesita conocer la literal K:  $\operatorname{Tan} K = \operatorname{tan} \delta \operatorname{sec} H$  .

El ángulo horario se calcula:  $H = \alpha - \operatorname{Ts}$  .

El significado de las literales es;

$\varphi$  = Latitud buscada

K = Literal a calcular

z = Distancia cenital

$\delta$  = Declinación del Sol

H = Angulo horario

$\alpha$  = Ascensión recta

Ts = Tiempo sidéreo.

En este método se usan los datos de cada una de las 12 reiteraciones del capítulo de observaciones astronómicas.

Se desarrolla una secuencia de las fórmulas anteriores para calcular la latitud con cada reiteración. Los datos de la declinación del Sol y su ascensión recta se obtienen de las Efemérides del Sol en el Anuario Astronómico, estos valores se interpolan para la hora de observación. La distancia cenital que se usa esta corregida por refracción y por paralaje. El ángulo horario del Sol se calcula. El tiempo sidéreo resulta de transformar el tiempo medio ( con corrección de marcha delta ) a tiempo sidéreo.

Para realizar la sustracción de ascensión recta menos tiempo sidéreo, se le suman 24 horas a la ascensión recta.

## Datos de la Reiteración No. 1

$$z = 78^{\circ} 10' 17''58$$

$$Ts = 20h 47m 24s55$$

$$\phi = 13^{\circ} 35' 19''91$$

$$\alpha = 2h 15m 31s99$$

$$H = \alpha - Ts$$

$$H = 82^{\circ} 1' 51''53$$

$$\tan K = \tan \phi \sec H$$

$$\tan K = 1.743 536 476$$

$$K = 60^{\circ} 09' 49''34$$

$$\cos (\psi - K) = \cos z \operatorname{sen} K \operatorname{csc} \phi$$

$$\cos (\psi - K) = 0.756 796 683$$

$$(\psi - K) = 40^{\circ} 49' 2''61$$

$$\psi = 19^{\circ} 20' 46''73$$

## Datos de la Reiteración No. 2

$$z = 77^{\circ} 07' 49''08$$

$$Ts = 20h 51m 54s52$$

$$\phi = 13^{\circ} 35' 23''52$$

$$\alpha = 2h 15m 32s9$$

$$H = \alpha - Ts$$

$$H = 80^{\circ} 54' 35''67$$

$$\tan K = \tan \phi \sec H$$

$$\tan K = 1.530 111 9$$

$$K = 56^{\circ} 50' 0''59$$

$$\cos (\psi - K) = \cos z \operatorname{sen} K \operatorname{csc} \phi$$

$$\cos (\psi - K) = 0.793 494 785$$

$$\psi - K = 37^{\circ} 29' 12''07$$

$$\psi = 19^{\circ} 20' 48''52$$

## Datos de la Reiteración No. 3

$$z = 76^{\circ} 20' 44''11$$

$$Ts = 20h 55m 17s7$$

$$\delta = 13^{\circ} 35' 26''24$$

$$\alpha = 2h 15m 33s43$$

$$H = \alpha - Ts$$

$$H = 80^{\circ} 03' 55''9$$

$$\tan K = \tan \delta \sec H$$

$$\tan K = 1.401 285 334$$

$$K = 54^{\circ} 29' 13''87$$

$$\cos (\varphi - K) = \cos z \operatorname{sen} K \operatorname{csc} \delta$$

$$\cos (\varphi - K) = 0.817 733 886$$

$$(\varphi - K) = 35^{\circ} 08' 29''09$$

$$\varphi = 19^{\circ} 20' 44''78$$

## Datos de la Reiteración No. 4

$$z = 75^{\circ} 25' 48''75$$

$$Ts = 20h 59m 14s38$$

$$\delta = 13^{\circ} 35' 29''4$$

$$\alpha = 2h 15m 34s04$$

$$H = \alpha - Ts$$

$$H = 79^{\circ} 04' 54''9$$

$$\tan K = \tan \delta \sec H$$

$$\tan K = 1.276 460 384$$

$$K = 51^{\circ} 55' 27''37$$

$$\cos (\varphi - K) = \cos z \operatorname{sen} K \operatorname{csc} \delta$$

$$\cos (\varphi - K) = 0.842 673 022$$

$$\varphi - K = 32^{\circ} 34' 35''51$$

$$\varphi = 19^{\circ} 20' 51''86$$



## Datos de la Reiteración No. 5

$$z = 73^{\circ} 34' 54''48$$

$$Ts = 21h 07m 11s87$$

$$\phi = 13^{\circ} 35' 35''2$$

$$\alpha = 2h 15m 35s29$$

$$H = \alpha - Ts$$

$$H = 77^{\circ} 05' 51''3$$

$$\tan K = \tan \phi \sec H$$

$$\tan K = 1.082 882 623$$

$$K = 47^{\circ} 16' 43''42$$

$$\cos (\psi - K) = \cos z \sin K \csc \phi$$

$$\cos (\psi - K) = 0.883 520 441$$

$$(\psi - K) = 27^{\circ} 55' 48''03$$

$$\psi = 19^{\circ} 20' 55''39$$

## Datos de la Reiteración No. 6

$$z = 72^{\circ} 43' 40''7$$

$$Ts = 21h 10m 52s16$$

$$\phi = 13^{\circ} 35' 38''74$$

$$\alpha = 2h 15m 35s86$$

$$H = \alpha - Ts$$

$$H = 76^{\circ} 10' 55''5$$

$$\tan K = \tan \phi \sec H$$

$$\tan K = 1.012 473 92$$

$$K = 45^{\circ} 21' 18''48$$

$$\cos (\psi - K) = \cos z \sin K \csc \phi$$

$$\cos (\psi - K) = 0.898 747 804$$

$$\psi - K = 26^{\circ} 00' 21''76$$

$$\psi = 19^{\circ} 20' 56''72$$

## Datos de la Reiteración No. 7

$$z = 71^{\circ} 26' 07''76$$

$$Ts = 21h 16m 25s39$$

$$\phi = 13^{\circ} 35' 43''2$$

$$\sphericalangle = 2h 15m 36s73$$

$$H = \sphericalangle - Ts$$

$$H = 74^{\circ} 47' 50''1$$

$$\tan K = \tan \phi \sec H$$

$$\tan K = 0.922 221 629$$

$$K = 42^{\circ} 40' 58''51$$

$$\cos (\phi - K) = \cos z \sen K \csc \phi$$

$$\cos (\phi - K) = 0.918 211 178$$

$$(\phi - K) = 23^{\circ} 20' 02''57$$

$$\phi = 19^{\circ} 20' 55''94$$

## Datos de la Reiteración No. 8

$$z = 70^{\circ} 30' 02''04$$

$$Ts = 21h 20m 26s19$$

$$\phi = 13^{\circ} 35' 46''44$$

$$\sphericalangle = 2h 15m 37s36$$

$$H = \sphericalangle - Ts$$

$$H = 73^{\circ} 47' 47''55$$

$$\tan K = \tan \phi \sec H$$

$$\tan K = 0.866 714 497$$

$$K = 40^{\circ} 54' 57''41$$

$$\cos (\phi - K) = \cos z \sen K \csc \phi$$

$$\cos (\phi - K) = 0.929 992 979$$

$$\phi - K = 21^{\circ} 33' 58''61$$

$$\phi = 19^{\circ} 20' 58''8$$

## Datos de la Reiteración No. 9

$$z = 66^{\circ} 47' 23''01$$

$$Ts = 21h 36m 20s35$$

$$\phi = 13^{\circ} 35' 59''27$$

$$\sphericalangle = 2h 15m 39s36$$

$$H = \sphericalangle - Ts$$

$$H = 69^{\circ} 49' 45''15$$

$$\tan K = \tan \phi \sec H$$

$$\tan K = 0.701 588 959$$

$$K = 35^{\circ} 03' 11''07$$

$$\cos (\phi - K) = \cos z \operatorname{sen} K \operatorname{csc} \phi$$

$$\cos (\phi - K) = 0.962 620 445$$

$$(\phi - K) = 15^{\circ} 42' 54''32$$

$$\phi = 19^{\circ} 20' 16''75$$

## Datos de la Reiteración No. 10

$$z = 62^{\circ} 14' 49''95$$

$$Ts = 21h 55m 44s38$$

$$\phi = 13^{\circ} 36' 15''36$$

$$\sphericalangle = 2h 15m 42s87$$

$$H = \sphericalangle - Ts$$

$$H = 64^{\circ} 59' 18''$$

$$\tan K = \tan \phi \sec H$$

$$\tan K = 0.572 381 001$$

$$K = 29^{\circ} 47' 09''61$$

$$\cos (\phi - K) = \cos z \operatorname{sen} K \operatorname{csc} \phi$$

$$\cos (\phi - K) = 0.983 447 025$$

$$\phi - K = 10^{\circ} 26' 21''93$$

$$\phi = 19^{\circ} 20' 47''$$

## Datos de la Reiteración No. 11

$$z = 58^{\circ} 41' 30''51$$

$$Ts = 22h 10m 55s63$$

$$\phi = 13^{\circ} 36' 27''02$$

$$\omega = 2h 15m 45s24$$

$$H = \omega - Ts$$

$$H = 61^{\circ} 12' 24'' 15$$

$$\tan K = \tan \phi \sec H$$

$$\tan K = 0.502 571 558$$

$$K = 26^{\circ} 40' 58''09$$

$$\cos (\psi - K) = \cos z \operatorname{sen} K \operatorname{csc} \phi$$

$$\cos (\psi - K) = 0.991 821 716$$

$$(\psi - K) = 7^{\circ} 19' 57''79$$

$$\psi = 19^{\circ} 21' 03''$$

## Datos de la Reiteración No. 12

$$z = 56^{\circ} 25' 19''66$$

$$Ts = 22h 20m 35s78$$

$$\phi = 13^{\circ} 36' 34''85$$

$$\omega = 2h 15m 26s75$$

$$H = \omega - Ts$$

$$H = 58^{\circ} 47' 44''55$$

$$\tan K = \tan \phi \sec H$$

$$\tan K = 0.467 300 682$$

$$K = 25^{\circ} 02' 48''18$$

$$\cos (\psi - K) = \cos z \operatorname{sen} K \operatorname{csc} \phi$$

$$\cos (\psi - K) = 0.995 068 994$$

$$\psi - K = 5^{\circ} 41' 32''1$$

$$\psi = 19^{\circ} 21' 16''08$$

## LONGITUD

La longitud geográfica se define como el ángulo diedro que forma el meridiano de un lugar con el meridiano de Greenwich, también es conocida la longitud como la diferencia de horas en tre Greenwich y el lugar considerado, de estas dos definiciones se deduce que la longitud se puede expresar en arco o en tiempo se mide a partir del meridiano de Greenwich, de  $0^{\circ}$   $180^{\circ}$  ya sea al Este o al Oeste de Greenwich.

La equivalencia de tiempo en arco y de arco en tiempo es:

1 hora = $15^{\circ}$	$1^{\circ}$ = 4 min.
1 min. = 15'	$1'$ = 4 seg.
1 seg. = 15''	$1''$ = 1/15 seg.

Para calcular la longitud, se puede resumir a la comparación de los tiempos locales en un mismo instante, entre Greenwich y el lugar considerado.

Métodos para calcular la longitud:

- 1) Por observación de un fenómeno celeste, visible desde dos lugares, el meridiano de origen y el que se quiere calcular su longitud. Conociendo la hora local en ambos lugares.
- 2) Método de transportar materialmente el tiempo de un lugar a otro, por medio de uno o varios cronómetros, hay que corregir el resultado debido a que en el transporte el cronómetro ha tenido un adelanto o un atraso.

- 3) Método de señales telegráficas, (presentando el problema que no todos los puntos están comunicados por líneas eléctricas).
- 4) Método de telegrafía sin hilos, con este método las señales se pueden recibir en un lugar cualquiera.
- 5) Mediante señales horarias por radio. Estaciones de radio conectadas o dependientes de algún Observatorio Astronómico Internacional. En el continente una de las estaciones importantes es la de Boulder Colorado que emite la hora en las estaciones WWV y WWVH.

La forma de obtener la longitud en este caso, es calculando - el incremento de longitud con respecto al meridiano de 90° W.G. y sumando este incremento a este meridiano. Para calcular el incremento de longitud, se cuenta con la hora legal de observación, ya corregida por marcha delta, se le resta la hora local del meridiano 90° W.G. que se obtiene con la fórmula :

$$\begin{aligned} \text{Hora local} &= 12 + \text{Ecuación del tiempo} \pm \text{Angulo horario} \\ \text{HL} &= 12 + \text{ET} \pm H \end{aligned}$$

El cálculo de longitud al igual que el de latitud se realiza con los valores de las 12 reiteraciones. El valor de la ecuación del tiempo se obtiene de la Efemérides del Sol y se interpola para la hora de observación. El ángulo horario es el que se obtuvo para calcular la latitud.

Reiteración No.	<u>1</u>	<u>2</u>
Hora legal de observación =	<u>7h 06m 22s08</u>	<u>7h 10m 51s31</u>
Hora local del observador =	<u>6h 29m 36s34</u>	<u>6h 34m 05s37</u>
Incremento de longitud =	<u>36m 45s74</u>	<u>36m 45s94</u>
Longitud de Meridiano 90° =	<u>+ 6h</u>	<u>+ 6h</u>
Longitud calculada =	<u>6h 36m 45s74</u>	<u>6h 36m 45s94</u>
δ	<u>99° 11' 26"1</u>	<u>99° 11' 29"1</u>

Reiteración No.	<u>3</u>	<u>4</u>
Hora legal de observación =	<u>7h 14m 13s88</u>	<u>7h 18m 08s98</u>
Hora local del observador =	<u>6h 37m 28s</u>	<u>6h 41m 24s04</u>
Incremento de longitud =	<u>36m 45s88</u>	<u>36m 44s94</u>
Longitud del Meridiano 90° =	<u>+ 6h</u>	<u>6h</u>
Longitud calculada =	<u>6h 36m 45s88</u>	<u>6h 36m 44s94</u>
δ	<u>99° 11' 28"2</u>	<u>99° 11' 14"1</u>

Reiteración No.	<u>5</u>	<u>6</u>
Hora legal de observación	= <u>7h 26m 06s16</u>	<u>7h 29m 45s84</u>
Hora local del observador	= - <u>6h 49m 20s23</u>	<u>6h 52m 59s92</u>
Incremento de longitud	= <u>36m 45s93</u>	<u>36m 45s92</u>
Longitud de Meridiano 90°	= + <u>6h</u>	<u>6h</u>
Longitud calculada	= 6h 36m 45s93	6h 36m 45s92
	6 99° 11' 28"95	99° 11' 28"8

Reiteración No.	<u>7</u>	<u>8</u>
Hora legal de observación	= <u>7h 35m 18s12</u>	<u>7h 39m 18s32</u>
Hora local del observador	= - <u>6h 58m 32s34</u>	<u>7h 02m 32s43</u>
Incremento de longitud	= <u>36m 45s78</u>	<u>36m 45s89</u>
Longitud del Meridiano 90°	= + <u>6h</u>	<u>6h</u>
Longitud calculada	= 6h 36m 45s78	6h 36m 45s89
	6 99° 11' 26"7	99° 11' 28"35



Reiteración No.	<u>9</u>	<u>10</u>
Hora legal de observación	= <u>7h 55m 09s87</u>	<u>8h 14m 32s</u>
Hora local del observador	= - <u>7h 18m 24s44</u>	<u>7h 37m 46s11</u>
Incremento de longitud	= <u>36m 45s43</u>	<u>36m 45s89</u>
Longitud de Meridiano 90°	= + <u>6h</u>	<u>6h</u>
Longitud calculada	= <u>6h 36m 45s43</u>	<u>6h 36m 45s89</u>
δ	99° 11' 21"45	99° 11' 28"35

Reiteración No.	<u>11</u>	<u>12</u>
Hora legal de observación	= <u>8h 29m 39s48</u>	<u>8h 39m 17s77</u>
Hora local del observador	= - <u>7h 52m 53s6</u>	<u>8h 02m 32s17</u>
Incremento de longitud	= <u>36m 45s88</u>	<u>36m 45s6</u>
Longitud del Meridiano 90°	= + <u>6h</u>	<u>6h</u>
Longitud calculada	= <u>6h 36m 45s88</u>	<u>6h 36m 45s6</u>
δ	99° 11' 28"2	99° 11' 24"

### ACIMUT

Acimut es el ángulo plano formado por el meridiano del lugar y la línea considerada, se mide de 0° a 360° en sentido de las manecillas del reloj. En Astronomía se mide a partir del Sur, y en Topografía a partir del Norte este también es utilizado en Geografía.

El acimut es indispensable para calcular posiciones geográficas en los que se basa la construcción de un mapa.

El acimut se puede calcular con los siguientes métodos:

- 1) Por distancias cenitales de un astro.
- 2) Por distancia cenital y un ángulo horario.
- 3) Por ángulo horario.
- 4) Por observación de dos astros; o de un astro en dos posiciones.

El método a usar para calcular el acimut en este trabajo, es por distancias cenitales de un astro, y se emplea la siguiente fórmula:

$$\cos az = \frac{\sin \delta - \sin \phi \cos z}{\cos \phi \sin z}$$

Las literales significan:

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| az = acimut                | z = distancia cenital del astro (Sol). |
| $\phi$ = latitud del lugar | $\delta$ = declinación de astro (Sol). |

El acimut se calcula con los valores de cada una de las reiterations, y para obtener el acimut de la línea considerada - (Observatorio de Meteorología a la antena de Rectoría) se realizan las operaciones siguientes.

- 1) Medición de un ángulo horizontal entre la línea considerada y la visual al astro (Sol), este dato se toma de las reiterations.
- 2) Calcular el acimut con la fórmula anterior, en ésta el valor de la declinación se obtiene de la Efemérides del Sol para el día y se interpola para la hora de observación. El valor de la latitud se toma el de la cúpula de Ingeniería y es de  $19^{\circ} 19' 50''$ . La distancia cenital se obtiene de las reiterations con su corrección.
- 3) El acimut obtenido en la fórmula se le suman  $360^{\circ}$  y finalmente se le resta el ángulo horizontal medido, para dar el acimut de la línea considerada, (se observa la operación en la figura 18).
- 4) La diferencia del acimut obtenido con este proceso y del acimut medido con la brújula del teodolito da la declinación magnética del lugar.

Reiteración No.	<u>1</u>	<u>2</u>
$\text{Cos az} = \frac{\text{sen } \phi - \text{sen } \epsilon \text{ cos } z}{\text{cos } \epsilon \text{ sen } z}$		
Coseno del acimut	<u>0.180 925 499</u>	<u>0.175 277 351</u>
Acimut del Sol	<u>79° 34' 34"78</u>	<u>79° 54' 18"72</u>
+ 360°		
Angulo horizontal	<u>113° 55' 33"</u>	<u>114° 15' 39"5</u>
Acimut geográfico Sol-Antena	<u>325° 38' 41"78</u>	<u>325° 38' 39"2</u>
Acimut magnético	<u>316° 00' 00"00</u>	<u>316° 00' 00"00</u>
Declinación magnética	<u>9° 38' 41"78</u>	<u>9° 38' 39"22</u>

Reiteración No.	<u>3</u>	<u>4</u>
Coseno del acimut	<u>0.171 045 789</u>	<u>0.166 134 704</u>
Acimut del Sol	<u>80° 09' 04"94</u>	<u>80° 26' 12"63</u>
+ 360°		
Angulo horizontal	<u>114° 30' 24"5</u>	<u>114° 47' 39"</u>
Acimut geográfico Sol-Antena	<u>325° 38' 40"4</u>	<u>325° 38' 33"6</u>
Acimut magnético	<u>316° 00' 00"00</u>	<u>316° 00' 00"</u>
Declinación magnética	<u>9° 38' 40"4</u>	<u>9° 38' 33"6</u>

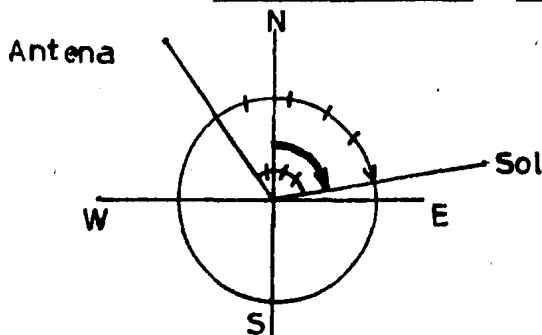


Fig. 18

Reiteración No.	<u>5</u>	<u>6</u>
$\text{Cos az} = \frac{\text{sen } \delta - \text{sen } \varphi \text{ cos } z}{\text{cos } \varphi \text{ sen } z}$		
Coseno del acimut	<u>0.156 287 702</u>	<u>0.151 774 558</u>
Acimut del Sol	<u>81º 00' 30"65</u>	<u>81º 16' 12"8</u>
+ 360º		
Angulo horizontal	<u>115º 21' 55"5</u>	<u>115º 37' 30"</u>
Acimut geográfico Sol-Antena	<u>325º 38' 35"1</u>	<u>325º 38' 42"8</u>
Acimut magnético	<u>316º 00' 00"</u>	<u>316º 00' 00"</u>
Declinación magnética	<u>9º 38' 35"1</u>	<u>9º 38' 42"8</u>

Reiteración No.	<u>7</u>	<u>8</u>
Coseno del acimut	<u>0.144 966 654</u>	<u>0.140 061 769</u>
Acimut del Sol	<u>81º 39' 52"75</u>	<u>81º 56' 54"89</u>
+ 360º		
Angulo horizontal	<u>116º 01' 03"5</u>	<u>116º 18' 18"</u>
Acimut geográfico Sol-Antena	<u>325º 38' 49"2</u>	<u>325º 38' 36"8</u>
Acimut magnético	<u>316º 00' 00"</u>	<u>316º 00' 00"</u>
Declinación magnética	<u>9º 38' 49"2</u>	<u>9º 38' 36"8</u>

Reiteración No.	<u>9</u>	<u>10</u>
$\text{Cos } az = \frac{\text{sen } f - \text{sen } \varphi \text{ cos } z}{\text{cos } \varphi \text{ sen } z}$		
Coseno del acimut	<u>0.120 705 839</u>	<u>0.096 212 669</u>
Acimut del Sol	<u>83º 04' 01"77</u>	<u>84º 28' 43"97</u>
+ 360º		
Angulo horizontal	<u>117º 25' 26"</u>	<u>118º 49' 55"</u>
Acimut geográfico Sol-Antena	<u>325º 38' 35"7</u>	<u>325º 38' 48"9</u>
Acimut magnético	<u>316º 00' 00"</u>	<u>316º 00' 00"</u>
Declinación magnética	<u>9º 38' 35"7</u>	<u>9º 38' 48" 9</u>

Reiteración No.	<u>11</u>	<u>12</u>
Coseno del acimut	<u>0.078 463 857</u>	<u>0.066 436 866</u>
Acimut del Sol	<u>85º 29' 59"01</u>	<u>86º 11' 26"31</u>
+ 360º		
Angulo horizontal	<u>119º 51' 04"</u>	<u>120º 32' 47"5</u>
Acimut geográfico Sol-Antena	<u>325º 38' 55"</u>	<u>325º 38' 38"8</u>
Acimut magnético	<u>316º 00' 00"</u>	<u>316º 00' 00"</u>
Declinación magnética	<u>9º 38' 55"</u>	<u>9º 38' 38"8</u>

## VALORES CALCULADOS

Reiteración	LATITUD	LONGITUD	ACIMUT
1	19°20'46"73	99°11'21"10	325°38'41"78
2	19°20'48"52	99°11'29"10	325°38'39"20
3	19°20'44"78	99°11'28"20	325°38'40"40
4	19°20'51"86	99°11'14"10	325°38'33"60
5	19°20'55"39	99°11'28"95	325°38'35"10
6	19°20'56"78	99°11'28"80	325°38'42"80
7	19°20'55"94	99°11'26"70	325°38'49"20
8	19°20'58"80	99°11'28"35	325°38'36"80
9	19°20'16"75	99°11'21"45	325°38'35"70
10	19°20'47"00	99°11'28"35	325°38'48"90
11	19°21'03"00	99°11'28"20	325°38'55"00
12	19°21'16"08	99°11'24"00	325°38'38"80
Promedio	19°20'51"80	99°11'26"02	325°38'41"44

VALORES OBTENIDOS DE LA CARTA DE LA DIRECCION DE GEOGRAFIA DEL TERRITORIO NACIONAL A UNA ESCALA 1 : 50 000 DE LA CIUDAD DE MEXICO DE CLASIFICACION E 14 - A 39.

Latitud 19° 19' 43"  
 Longitud 99° 11' 04"  
 Acimut  
 Magnético 316° 00' 00"

## CONCLUSIONES

Las figuras que representan la forma de la Tierra con más fidelidad son, el elipsoide de revolución y el geode. El elipsoide es una figura matemática por lo tanto es regular y constante en su superficie, es utilizada para referir a ella cálculos geodésicos. El geode es una figura en la cual el potencial de gravedad es el mismo, dicha figura es irregular y a ella se refieren las coordenadas geográficas.

El triángulo esférico esta formada por tres arcos de circunferencia, la medida de sus ángulos y lados se lleva a cabo por medio de grados minutos y segundos. Este triángulo esférico sirve para representar medidas en la esfera celeste, y da como consecuencia el Triángulo Astronómico, con el uso de éste, se pueden calcular valores angulares de ciertas medidas, por ejemplo el acimut, el ángulo horario y la latitud.

En la esfera celeste se presentan varios sistemas de coordenadas, que tienen como origen el centro de la esfera celeste, el primer sistema tiene de coordenadas el acimut y la altura, el segundo sistema tiene ángulo horario y declinación, el tercer sistema cuenta con ascensión recta y declinación, en el cuarto sistema con latitud celeste y longitud celeste. En estos sistemas la primera coordenada se representa en el eje de la X y la segunda coordenada se representa en el eje de la Y .



Las observaciones astronómicas son aquellas medidas angulares (ángulos verticales y horizontales) que se realizan a los astros, como el Sol y las estrellas. Para su realización se requiere un mínimo de instrumental como un teodolito, un termómetro, un barómetro, un cronómetro, una brújula, un helioscopio así como una libreta y lápiz. Los ángulos verticales serán corregidos por refracción y paralaje.

Las coordenadas para referir un punto sobre la superficie terrestre son: latitud, longitud y altitud. La latitud y longitud son ángulos diedros que sirven como coordenadas, la primera se forma del plano del ecuador terrestre a cualquier punto sobre la superficie terrestre, se mide de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  ya sea al norte o al sur. La longitud esta definida con el ángulo diedro que forman el meridiano de Greenwich y el meridiano de un lugar considerado. La altitud corresponde a la distancia vertical que existe entre el nivel medio del mar y un punto cualquiera sobre la superficie terrestre. El acimut no es considerado una coordenada geográfica, pero su importancia radica en ser necesario para calcular posiciones geográficas; es un ángulo plano que se forma con el meridiano de un lugar y una línea considerada.

## CITAS BIBLIOGRAFICAS

- ( 1 ) Mosqueira Salvador R. Cosmografía y Astrofísica.  
Editorial Patria. 4a. Edición. México 1978. pág. 7
- ( 2 ) Gallo Joaquín. Curso de Cosmografía.  
Editorial Progreso. 7a. Edición. México 1980. pág. 1
- ( 3 ) Giorgio Abetti. Historia de la Astronomía.  
Fondo de Cultura Económica. México 1956. págs. 20-22
- ( 4 ) Sánchez Pedro C. Figura y Dimensiones de la Tierra.  
I.P.G.H. Publicación 32. México 1938. pág. 39
- ( 5 ) Sánchez Pedro C. Ibidem. pág. 41
- ( 6 ) Caire Lomelf Jorge. Cartografía Matemática.  
Instituto Politécnico Nacional. Ciencias de la Tierra.  
México 1983, pág. 9.
- ( 7 ) Ayres Frank Jr. Trigonometría Plana y Esférica.  
Editorial Mc.Graw-Hill. México 1980. pág. 164
- ( 8 ) Ayres Frank Jr. Ibidem. págs. 168 - 174

- ( 9 ) Medina Peralta M. Astronomía de Posición.  
Editorial Limusa. México 1978. pág. 27
- ( 10 ) Medina Peralta M. Ibidem. pág. 41
- ( 11 ) Medina Peralta M. Ibidem. pág. 48
- ( 12 ) Medina Peralta M. Ibidem. pág. 51
- ( 13 ) Medina Peralta M. Ibidem. pág. 52
- ( 14 ) Mosqueira Salvador. R. Ibidem. pág. 305
- ( 15 ) Sánchez Pedro C. Ibidem. pág. 27

## BIBLIOGRAFIA

- Abetti Giorgio Historia de la Astronomía Fondo de Cultura Económica. México 1956.
- Anuario Geografía No. 14 UNAM Año XIV. México 1974.
- Anuario Observatorio Astronómico Nacional Imprenta Andina. México 1981.
- Ayres frank Trigonometría Plana y Esférica Ed. Mc. Graw Hill. México 1980.
- Blachut T.S. Achrzanowski Cartografía y Levantamientos Urbanos. Dir. General de Geografía del Territorio Nacional. México 1980.
- Burkard Richard La Geodesia al Alcance de Todos. Publicación No. 291. Comisión Cartográfica. Buenos Aires. 1962
- Caire Lomelf Jorge Cartografía Matemática Instituto Politécnico Nacional. Ciencias de la Tierra. México 1983
- \_\_\_\_\_ La Proyección Cartográfica para PEMEX Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros No. 13. México 1974
- Caire Vega Luis G. Obtención de Control Terrestre Para la Elaboración de Cartas Geográficas. Tesis UNAM 1981.
- Carl Olof Tenryd. Topografía y Fotogrametría Ed. CECSA México 1981
- Ciencia y Desarrollo Revista Bimestral No. 20 Ed. Conacyt. México Mayo - Junio 1978.

- II Congreso Panamericano VII Nacional Fotogrametría Fotointerpretación México 1982.
- Córdoba Griselda Control Primario Para Elaboración de Cartas Geográficas Tesis UNAM 1977.
- Chacón Baca R. Construcción del Mapa Base Para la Elaboración de Cartas Geográficas Tesis UNAM 1982
- Felgueres Pani G. Cosmografía Imprenta Universitaria México 1949
- Flores Hernández N. Apoyo Topográfico necesario en la Exploración Sismológica con Fines Petroleros Tesis I/P/N. México 1983.
- Gallo Joaquín Curso de Cosmografía Ed. Progreso. México 1980.
- Joly Fernand La Cartografía Ed. Ariel Colección El Cano. España 1979.
- Medina Peralta M. Astronomía de Posición Ed. Limusa. México 1978
- \_\_\_\_\_ Geodesia Geométrica Ed. Limusa. México 1978.
- Monografías del Instituto de Geofísica El año Geofísico Internacional Talleres Gráficos de Librería Madero. México 1962.
- Montes de Oca Topografía Representación y Servicios de Ingeniería México 1980.

Mosqueira R. S. Cosmografía y Astrofísica Ed. Patria. México 1978.

Philip Kissam C.E. Topografía Para Ingenieros Ed. Mc.Graw Hill.  
México 1976.

Raisz Erwin Cartografía General Ed. Omega. Barcelona 1974

Sánchez Bustamante P.C. Cartografía Publicación No. 10 Talleres  
Fotozincografía. Dir.Gral. de Geografía y Meteorología.  
México 1964.

---

Figura y Dimensiones de la Tierra Instituto Panamericano de Geografía e Historia.  
Publicación No. 32 México 1938

---

La Geodesia en México Publicación No. 74 Inst. Panamericano de Geografía e Historia.  
México 1945.

Sandover S/A Topografía Ed. CECSA. México 1980

Secretaría de Marina Compendio de Hidrografía Dir. Gral. de -  
Oceanografía y Señalamiento Marítimo. México 1976

Toscaso Ricardo Determinaciones Precisas de la Hora y la Latitud  
Determinación del Acimut. Imprenta Universitaria  
México 1956.

Toscano Ricardo Métodos Topográficos Imprenta ~~Reylis~~ México 1956

Verontsov Eleaminov B.A. Problemas y Ejercicios Prácticos de -  
Astronomía Ed. Mir Moscú 1979.

