

## **Sistemas de coordenadas**

---





---

# Sistemas de coordenadas

---

*“En dos palabras puedo resumir cuanto he aprendido acerca de la vida: Sigue adelante”*

*Robert Lee Frost*

## Introducción

El tener la posibilidad de ubicar en papel un lugar determinado y además poder señalar ciertas características del terreno y de su entorno, ha llevado al hombre a conocer casi en su totalidad los diferentes espacios geográficos de la Tierra y más aún, ahora se realizan mapas de la galaxia y del universo.

Para poder elaborar o interpretar un mapa es primordial repasar previamente ciertos elementos tales como las fuentes de información, su naturaleza y contenido. Además debe conocerse el sistema de coordenadas para poder ubicar cualquier punto en un mapa. Toda carta hace referencia a un sistema de coordenadas, cuyo objetivo es el de dar su ubicación geográfica y con ella, la de todos los puntos y detalles contenidos en la misma, además de incluir características métricas. En esta lectura se analizan los elementos referentes a los sistemas de coordenadas que se han empleado para la elaboración de los mapas.

En la parte final de la lectura se incluye un glosario con conceptos referentes al tema.



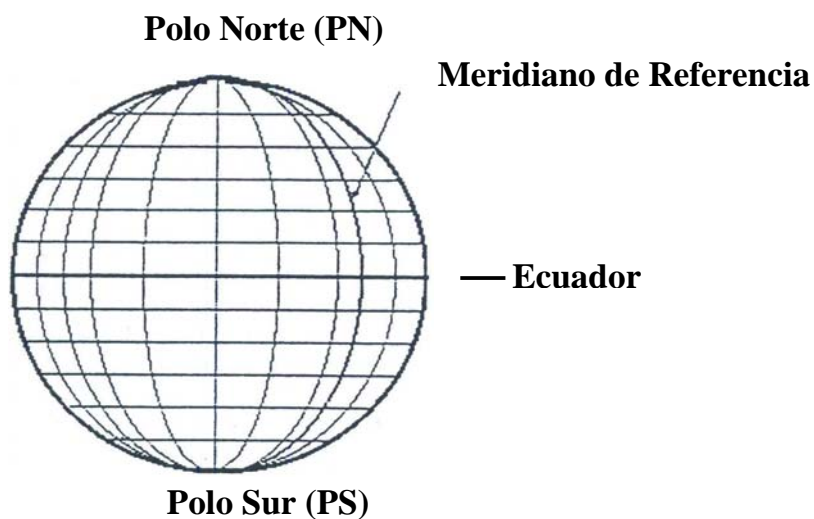
## Sistemas de coordenadas

Todo mapa está referido por lo menos a un sistema de coordenadas universal, cuyo objeto es el de dar su ubicación geográfica y con ella la de todos los puntos y detalles contenidos en el mismo, además de facilitar la explotación de las características métricas del mapa. Es de señalar que esto no se cumple en todos los casos y que hay mapas que no llevan esta referencia, por ejemplo, los mapas de ilustración y propaganda. En relación con la cartografía formal lo que se discute en este apartado está relacionado con la ubicación espacial en un marco geográfico de referencia, y en este sentido se tratarán el *sistema geográfico* o curvilíneo y el *sistema rectangular o cartesiano*.

### Sistema geográfico

El más frecuente, conocido y casi obligado sistema de coordenadas empleado en los mapas es el llamado sistema geográfico o curvilíneo a base de latitudes y longitudes geográficas. El sistema, como ya se vio en otra parte de este documento fue concebido inicialmente en la Grecia antigua y subsiste sin alteraciones hasta nuestros días. El sistema es curvilíneo debido a que los círculos máximos que lo definen son líneas curvas. Un círculo máximo en una esfera es cualquier círculo cuyo plano contiene el centro de la esfera y por lo tanto puede haber un número infinito de círculos *máximos*, aunque de interés para el propósito son dos tipos los que interesan:

- El Ecuador terrestre, que es el círculo máximo perpendicular al eje de rotación de la Tierra.
- Los meridianos, que son círculos máximos que contienen a dicho eje, el principal de los cuales es el llamado meridiano de referencia, particularmente el Meridiano de Greenwich.

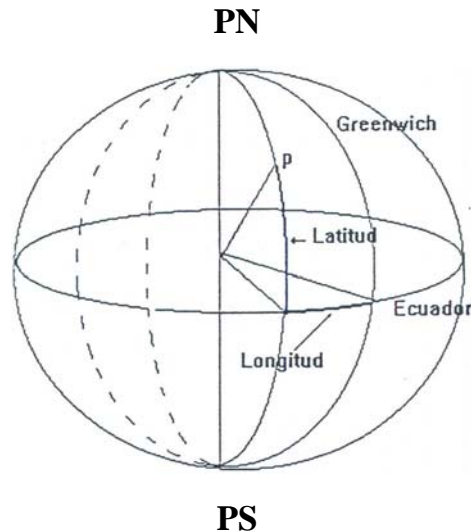




### ***Ejes del sistema geográfico***

El Ecuador es el origen para la medida de las latitudes y se define la latitud como la distancia angular que existe entre el Ecuador y el punto, a lo largo del meridiano que pasa por el punto. La distancia angular en este caso no es más que el ángulo en el centro de la Tierra entre el punto y la intersección con el Ecuador del meridiano que pasa por dicho punto. La latitud se mide desde cero a 90°, en ambas direcciones (norte o sur).

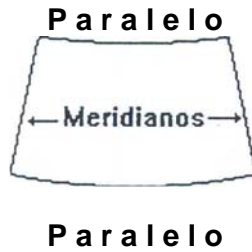
El meridiano de Greenwich, Inglaterra, es el origen para la medida de las longitudes: La longitud de un punto es la distancia angular medida sobre el Ecuador, entre el pie del meridiano que pasa por el punto y la intersección del meridiano de Greenwich con el Ecuador. La longitud se mide desde cero a 180°, hacia el este o el oeste. En la siguiente figura, se ilustran estas definiciones.



### ***Latitud y longitud***

Por sistema, en el manejo y expresión de coordenadas siempre se menciona en primer término la latitud con su designación norte (N) o sur (S), y en segundo, la longitud, con la indicación de si es este (E) u oeste (O). En el caso de México y para uso interno no es necesario mencionar la dirección, que ya se sabe es siempre norte para las latitudes y oeste para las longitudes. Sin embargo, en ciertos paquetes de software de aplicación, los mismos programas piden que se especifique la dirección.

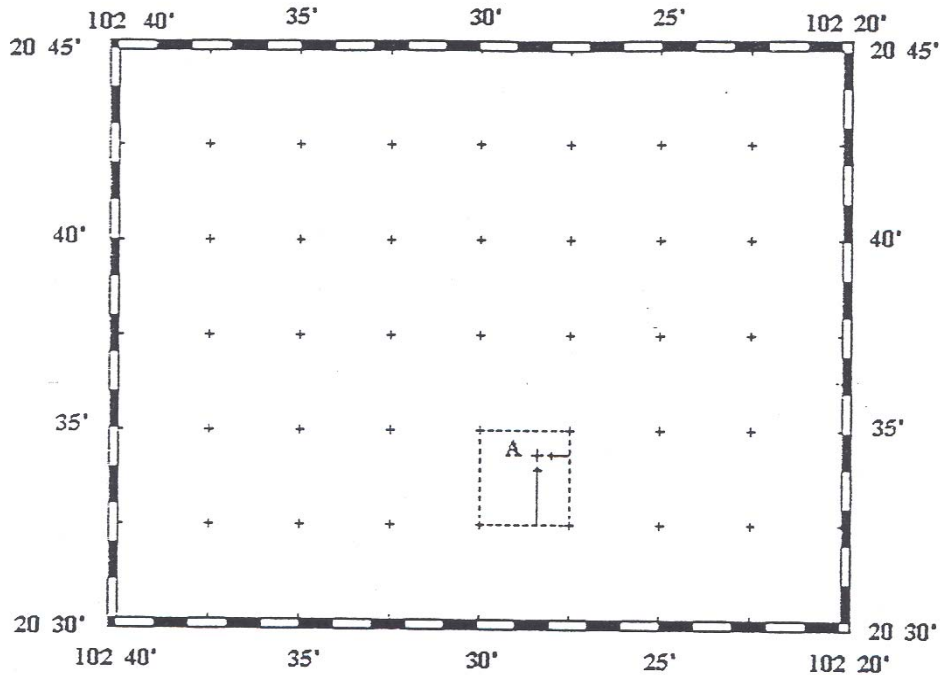
La información en el mapa está limitada por un formato constituido por líneas que representan paralelos de latitud y meridianos de longitud, las que aparentemente forman un rectángulo. Los paralelos de latitud son círculos menores paralelos al Ecuador. A este conjunto de líneas se le llama comúnmente caneavá y en rigor las líneas no son paralelas como en un rectángulo, sino que constituyen lo que se llama un cuadrángulo. Si se vuelve un poco a la figura de los ejes del sistema geográfico, se puede reconocer que si bien los paralelos son como su nombre lo indica, los meridianos son convergentes en los polos y la figura real del mapa es, sumamente exagerada, como se indica en la figura:



**Formato geográfico de los mapas**

Consecuencia de lo anterior es que el paralelo superior tenga menor extensión que el inferior y además que las áreas cubiertas por mapas situados más cercanos al Polo Norte sean menores que las de mapas ubicados más al sur. Esto no es muy aparente en las cartas del INEGI-DGG, debido a la escala, pero el interesado puede comprobarlo fácilmente haciendo unas cuantas medidas.

En el caso de estas cartas, el sistema de coordenadas se indica a través de cuatro niveles de aproximación diseñados para facilitar a los usuarios el trabajo de referenciación geográfica, véase la figura a continuación:



**Sistema de coordenadas geográfico en las cartas del INEGI escala 1:50,000**



## Primer nivel de aproximación

En cada una de las esquinas del mapa se indican las coordenadas geográficas, alineadas con los respectivos paralelos y meridianos (la latitud es siempre el menor de los dos valores). En el ejemplo de la figura 20 se puede ver que el mapa tiene un formato de 20 minutos de arco en longitud, por 15 minutos de arco en latitud, en una relación de cuatro a tres. En otros mapas de iguales o diferentes escalas se pueden dar formatos diferentes. El formato se define en la etapa inicial de diseño.

Con el objeto de tener una idea acerca de las dimensiones relacionadas con unidades cíclicas (grados, minutos y segundos) sobre la superficie esferoidal terrestre al nivel del Ecuador, se puede decir que aproximadamente:

Un grado equivale a 110 kilómetros  
Un minuto equivale a 1,850 metros o una milla marina  
Un segundo equivale a 30 metros

Se reitera que estos son valores aproximados, al nivel del Ecuador, pero útiles para tener una idea del orden de las magnitudes en la práctica. Las dimensiones a lo largo de los paralelos van disminuyendo al alejarse del Ecuador, hasta hacerse cero en los polos. Si se quiere tener una aproximación, hay que multiplicar los valores anteriores por el coseno de la latitud.

Si se usan los valores indicados para encontrar el formato lineal del mapa, se ve que horizontalmente se tiene una extensión de:

$$1.85 \times 20 = 37 \text{ km}$$

Y verticalmente:  $1.85 \times 15 = 27 \text{ km},$

Es decir, un formato de 37 x 27 km.

Si se multiplican ambos valores, se encuentra el área aproximada cubierta por el mapa:

$$\text{Área} = 37 \times 27 = 999 \text{ km}^2$$

Por lo que se dice que cada carta básica del INEGI-DGG a la escala de 1:50,000 cubre aproximadamente 1,000 km<sup>2</sup>.

Hay que recordar que estos no son valores precisos; si se quiere mayor exactitud es necesario emplear fórmulas matemáticas de la Geodesia. En todo caso, el error cometido en términos de área por el empleo de las anteriores aproximaciones no es mayor que un 14% en el ámbito territorial mexicano. En efecto, la carta más extrema al norte cubre en realidad 855km<sup>2</sup>, mientras que la que está más al sur abarca una superficie de 993 km<sup>2</sup>.



## Segundo nivel de aproximación

A lo largo del caneavá y por la parte exterior, se hacen subdivisiones cada 5 minutos de arco y se rotulan con el valor correspondiente.

## Tercer nivel de aproximación

Internamente, dentro del cuerpo del mapa, se hacen subdivisiones a la mitad del intervalo anterior, o sea cada 2.5 minutos de arco y se marcan con una pequeñas cruces, sin rotular.

## Cuarto nivel de aproximación

El último nivel de aproximación está a lo largo de los bordes de la carta, en donde se hacen subdivisiones cada minuto de arco.

Con este conjunto el usuario tiene varias opciones y puede determinar posiciones geográficas de puntos de interés con relativa facilidad y con una precisión de aproximadamente dos décimos de segundo de arco ( 0.2").

## Sistema Rectangular

Como una opción al sistema geográfico o curvilíneo, se usa de manera intensiva el sistema rectangular, puramente cartesiano, que desde el punto de vista de uso práctico ofrece varias ventajas, entre ellas las siguientes:

- a) Las coordenadas de puntos se pueden obtener con mayor rapidez y seguridad,
- b) Los cálculos de distancias y orientación son relativamente sencillos,
- c) La determinación de áreas es más precisa cuando se emplean sistemas digitales,
- d) La digitalización se puede hacer con referencia a pares de coordenadas de más fácil manejo,
- e) Ciertas aplicaciones son más eficientes (artillería, catastro, planeación urbana, etc..) si pueden referirse a un sistema rectangular de coordenadas,
- f) Los procesos fotogramétricos trabajan con sistemas numéricos basados en coordenadas rectangulares.

Los sistemas rectangulares se sobreponen a la información del mapa mediante una cuadrícula en la que los valores de coordenadas están referidos a una cierta proyección cartográfica (véase el tema de proyecciones más adelante).

En el caso de la Dirección General de Geografía del INEGI, como en muchas otras





organizaciones cartográficas nacionales y del exterior, se utiliza la llamada cuadrícula Universal Transversa de Mercator, basada en la proyección cartográfica del mismo nombre (Universal Transversa de Mercator ó UTM). Dicha cuadrícula es un reticulado impreso en las primeras cartas editadas a la escala de 1:50,000 a intervalos de 10 km, en color negro, y posteriormente cada 2 cm, en color azul.

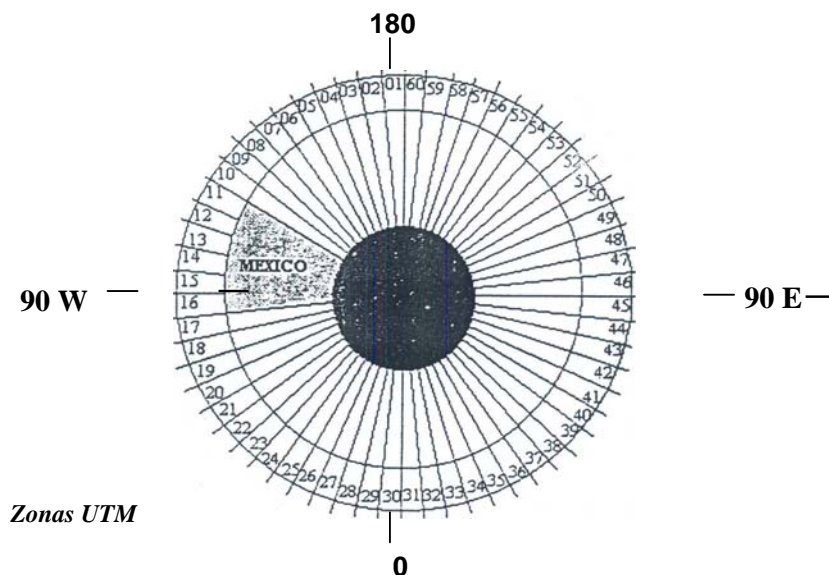
El concepto de meridiano central se explica a continuación, asociado al sistema universal UTM.

Imagínese el hemisferio norte visto desde un punto elevado sobre el Polo Norte. Sobre este hemisferio se representa el Meridiano de Greenwich como una línea vertical, así como los meridianos a 90 grados de éste.

Divídase esta figura en 60 panes iguales, tal como se indica en la figura 23, de modo que cada división tenga una extensión en longitud geográfica de 6 grados de arco. Lo que resulta de esta división es la representación de las denominadas *Zonas UTM*.

Desde el meridiano de 180°, numérense las zonas de 1 a 60, en sentido contrario a las manecillas del reloj. Con esto se identifican las diferentes zonas de la UTM.

Nótese que México abarca 6 zonas UTM, de la 11 a la 16 inclusive.



Si se aísla cualquiera de las zonas, ahora vista de frente, por ejemplo la zona 14, se la puede ver como un huso horario, figura 24.

Los límites entre zonas son desde luego meridianos con una longitud geográfica conocida. El meridiano que divide la zona en dos partes es el llamado meridiano central de la zona, o eje Y de coordenadas al que se hizo referencia anteriormente.

Las coordenadas de cualquier punto estarán entonces a uno u otro lado del meridiano central. Para evitar la ocurrencia de valores negativos de la coordenada Este para puntos que estén a la izquierda del meridiano central, se le da a éste un valor de



origen arbitrario igual a 500,000 metros. Dicho valor asegura que siempre habrá coordenadas Este positivas; recuérdese que 3 grados de arco son aproximadamente 330,000 metros.

Cada zona tiene su propio meridiano central con un valor de 500,000 metros. Por esta razón habrá coordenadas repetitivas a lo largo del globo terrestre, por lo que cuando se trabaja en ámbitos geográficos que comprendan varias zonas, junto con cada par de coordenadas debe especificarse el número de zona.



## Sistemas de Referencia Geográfica

Como parte del conocimiento que se supone debe tener todo cartógrafo, se introducen ahora algunas notas sobre los conceptos elementales relacionados con los sistemas de referencia geográficos en que se apoya la producción cartográfica.

### **Conceptos sobre dátum**

Al discutir el tema de coordenadas geográficas se habló de términos tales como latitud y longitud y que cada mapa y punto que se encuentre contenido en él está referido a dicho sistema, cuyo origen está en el Ecuador y el Meridiano de Greenwich. Pero, ¿dónde están físicamente el Ecuador y dicho Meridiano? De este último solamente se conoce un punto al cual arbitrariamente se le definió como el meridiano cero, y eso es todo lo que se sabe. No hay líneas trazadas sobre la superficie de la Tierra que definan meridianos y paralelos y en los que se puedan apoyar los levantamientos geodésicos y topográficos necesarios para cartografía. El problema estriba entonces en disponer de un punto inicial, o Dátum de coordenadas conocidas, del cual se pueda partir, así como una línea de dirección también conocida. Es lo mismo que tradicionalmente se necesita en cualquier levantamiento topográfico, con la diferencia de que en éste las coordenadas pueden ser arbitrariamente establecidas y en el sistema geográfico deben ser bastante absolutas y de aplicación a escala mundial. Esto conduce al concepto de Dátum Horizontal.

### **Dátum horizontal; el NAD27 y el ITRF92**

Por lo que se dijo en el párrafo anterior, dátum quiere decir "dato" u "origen" de un sistema de medición, punto de partida: Cuando se sintieron las necesidades geodésicas y cartográficas en los Estados Unidos de Norteamérica, se llevaron a cabo una serie de determinaciones astronómicas de alta precisión sobre la latitud, longitud y acimut en un punto situado en el centro geográfico aproximado del territorio norteamericano. Esto es en el estado de Kansas, en un sitio llamado Meades Ranch y durante mucho tiempo ha sido el origen de las coordenadas geográficas de la mayor parte del continente americano.

Desde este punto, designado como *Dátum Norteamericano de 1927* se generó la red de apoyo geodésico primario mediante triangulaciones y levantamientos geodésicos en general que se extendieron en todas direcciones, por el norte hasta Alaska, pasando por Canadá, y por el sur internándose en México, América Central y las Antillas, conformando así un sistema único en el que se apoyó la cartografía de todas estas áreas geográficas.

De este modo, el dátum horizontal de referencia, hasta hace poco, ha sido el Dátum Norteamericano de 1927, abreviado NAD27. Es el dátum al cual se encuentra ligada toda la cartografía nacional producida por el INEGI-DGG en lo que respecta a valores de latitud, longitud y acimut. Esto está cambiando, como se verá más adelante.

Para generalizar, existen y pueden existir otros data como resultado de determinaciones, astronómicas precisas, en los que las coordenadas astronómicas obtenidas se hacen iguales arbitrariamente a las coordenadas geodésicas (por ejemplo, en Venezuela se desarrolló el llamado Dátum de las Canoas). Sucede sin



embargo, que si se trata de ligar un dátum con otro, no será posible sin tener en consideración ciertos efectos físicos dinámicos, y de hecho se llegará al cierre con un error no atribuible a causas instrumentales, errores de medición o circunstancias ambientales.

Con el pasar del tiempo se llegó a percibir que el desarrollo de los levantamientos con base en el NAD27 estaban acusando ciertas inconsistencias y distorsiones aleatorias no explicadas y que la extensión de los mismos señalaba la presencia de errores y deterioro de la precisión esperada, en lo que se señalaron causas tales como el efecto acumulativo de los errores con la distancia, densidad no uniforme de los cubrimientos, las inconsistencias generadas por la aplicación de instrumentos, metodologías y normas no uniformes en los levantamientos o la no rígida aplicación de las mismas, el hecho de que el sistema de referencia estaba definido geoméricamente, era solamente bidimensional y no consideraba los efectos dinámicos, además de la presencia de defectos en la aplicación de correcciones a las observaciones, y otras causas. Todo esto dio lugar a una redefinición del NAD27, materializada en lo que ahora se conoce como NAD83, nuevo dátum que ya se está aplicando en los Estados Unidos y Canadá y algunos otros países.

El NAD83 es el resultado de un masivo esfuerzo por reducir las inconsistencias del NAD27 a través de un reajuste o compensación matemática de todos los datos disponibles levantados a lo largo del tiempo: No se pretende aquí abundar en los detalles de tal trabajo y solamente se menciona para seguir la secuencia e introducir el concepto del nuevo sistema de referencia que se está empleando ya en el INEGI-DGG.

En el caso de México, no se está aplicando el NAD83. Las razones de esto estriban en que el dátum continúa definido en forma puramente geométrica bidimensional y que en el proceso de generación y aplicación del reajuste no se tomaron mayormente en cuenta los datos mexicanos, por lo que los parámetros de transformación tienen más bien un carácter extrapolatorio en el que no se puede confiar, ya que así persisten las distorsiones inherentes al NAD27. Hay que considerar por otra parte, que las necesidades de información muy precisa son ahora más demandantes que en épocas anteriores, por lo que los sistemas de referencia geográfica deben ser correspondientemente muy confiables.

Con el advenimiento de los sistemas satelitales para posicionamiento geodésico se entró de lleno en el campo de la geodesia física, pues éstos han hecho posible definir los sistemas de referencia en una forma dinámica y universal, con la tendencia a tener un sólo sistema a nivel mundial. De este modo, la definición del sistema de referencia se hace más generalizada y universal. Por otra parte, los sistemas de medición tradicionales están siendo sustituidos por otros apoyados en la recepción de señales de satélite, en particular la instrumentación asociada al Sistema de Posicionamiento Global (GPS), cuya precisión permite la determinación de posiciones absolutas con errores de unos cuantos centímetros.

Sobre estas consideraciones, el INEGI-DGG ha tomado la decisión de adoptar un nuevo sistema de referencia, el denominado ITRF92 (International Earth Rotation Service Terrestrial Reference Frame 01 1992), época 1988.0. El sistema es global, tridimensional, dinámicamente definido y de muy alta precisión, tiene su origen en los estudios y trabajos del IERS (International Earth Rotation Service), con base en la combinación de varias soluciones globales tridimensionales y se propuso como patrón al cual referir todos los trabajos geodésicos. Este sistema ha dado lugar a la creación de la nueva red geodésica nacional, denominada Red Geodésica Nacional Activa



(RGNA), constituida por 14 estaciones fijas distribuidas en todo el territorio nacional, equipadas con instrumental GPS y las cuales están constantemente monitoreando el paso de los satélites de la constelación GPS-Navstar y además constituyen la base de apoyo para los levantamientos geodésicos GPS que se efectúan en el ámbito del territorio nacional.

Conforme a estos criterios, hay un cambio en el concepto de dátum, que en esta forma dejar de ser un punto, para definirse en términos de una especificación relativa al marco de referencia y a la definición del conjunto de coordenadas tridimensionales pertenecientes a puntos físicamente establecidos en el terreno.

El hecho de que el nuevo marco de referencia se asocie a una determinada época se debe a que habiendo sido definido dinámicamente, está cambiando constantemente en respuesta a diversos efectos geofísicos; las estaciones de la RGNA monitorean estos cambios, los que por otra parte son relativamente pequeños para tener mayores efectos en la cartografía.

Sin embargo, el cambio de sistema de referencia sí tiene implicaciones cartográficas, pues un punto cualquiera que anteriormente tenía ciertas coordenadas en el NAD27, ahora las tendrá un tanto diferentes en el nuevo sistema. De hecho, estas diferencias son tales que en términos de coordenadas UTM se tienen diferencias de hasta unos 60 metros en la dirección este-oeste y de alrededor de unos 200 metros en la dirección norte-sur. Lo que se está haciendo al momento es señalar en las cartas el valor de las correcciones aplicables a las coordenadas geográficas y mostrar en las mismas una doble cuadrícula UTM, una para el NAD27 y otra para el ITRF92. Esto se hará durante algún tiempo, hasta que se abandone en definitiva el NAD27.

Las correcciones anteriormente mencionadas son el resultado de un algoritmo de transformación desarrollado en el propio INEGI mediante la comparación de coordenadas geográficas en el NAD27 para unos 300 puntos distribuidos en todo el país, sobre los cuales se hicieron medidas GPS. Este algoritmo se está empleando en todas las transformaciones cartográficas y además está a disposición del público usuario.

### ***Conceptos sobre elipsoide y geoide***

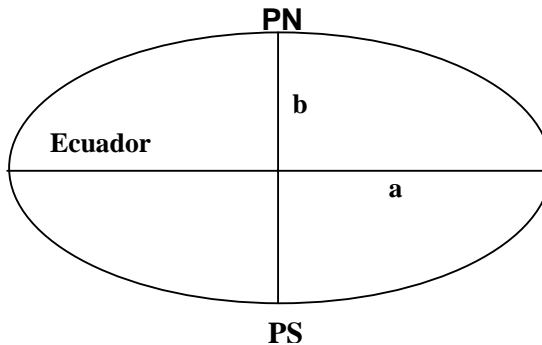
Las ideas y conceptos relacionados con los sistemas de referencia anteriormente tratados, están estrechamente vinculados con el conocimiento sobre la forma terrestre, la cual ha venido evolucionando con el tiempo, desde el concepto de Tierra plana, hasta la forma geoidal, pasando por la esfera y el elipsoide de revolución.

A pesar de que las ideas iniciales son conceptualmente erróneas, siguen teniendo vigencia en cuanto a sus aplicaciones prácticas. Así por ejemplo, para el topógrafo interesado en levantamientos a gran escala, donde no tiene que hacer consideraciones sobre curvatura terrestre, la Tierra es prácticamente plana. Para el astrónomo práctico basta y sobra la consideración de una Tierra esférica, sin tener que ocuparse de desviaciones con respecto a esta forma ideal.

A través de la medición de grandes sistemas de triangulación para determinar la extensión y curvatura de meridianos de longitud, se descubrió que la curvatura no es uniforme, como debía ser en el caso de una Tierra esférica, sino que se encontró que un grado de latitud cerca del Ecuador es más corto que un grado de latitud cerca del Polo. Esto es posible solamente si la Tierra no es esférica sino elipsoidal, achatada



en los polos, con el eje ecuatorial mayor que el eje polar, (ver la siguiente figura), de modo que  $a > b$ . En dicha figura, que es una elipse, el contorno representa un meridiano cualquiera. Si a modo de un trompo, se la hace girar alrededor del eje menor, se obtiene el sólido de revolución que en la terminología del medio se designa como elipsoide, que es en la actualidad la aproximación geométrica adoptada como forma de la Tierra.



### ***Sección elipsoidal***

Lo anterior es extremadamente importante, por cuanto constituye un concepto puramente geométrico, una superficie de referencia sobre la cual está el sistema de coordenadas geográficas que se conoce y a la cual se llevan todas las medidas y levantamientos que se hacen sobre la superficie terrestre real, o superficie topográfica.

Un elipsoide se define normalmente por la longitud de los semiejes mayor o menor  $a$  y  $b$ . A través del tiempo, se han realizado diversas investigaciones en diferentes lugares del globo terrestre, las que invariablemente han conducido a la determinación de ambos parámetros, con resultados que difieren entre sí en cantidades relativamente pequeñas, pero no despreciables.

Cada pareja de valores encontrados para los semiejes ha dado lugar a la definición de un elipsoide particular, designado en la mayoría de las ocasiones con el nombre del investigador principal envuelto en su determinación. De este modo, se habla de elipsoides tales como los siguientes:

Bessel,  
Clarke 1866,  
Clarke 1880  
Everest,  
Hayford,  
Airy,  
Krassovsky,  
Hough,  
Internacional,  
Etc., etc.

A estos elipsoides se pueden agregar otros determinados más o menos recientemente, a base de sistemas geodésicos dinámicos, ya sea terrestres o satelitales.



En el Continente Americano y por lo que respecta a México en lo particular, se ha venido usando el Elipsoide de Clarke de 1866, asociado al NAD27, cuyos parámetros son:

$$a = 6378,206,4 \text{ m}$$

$$b = 6356,583.8 \text{ m}$$

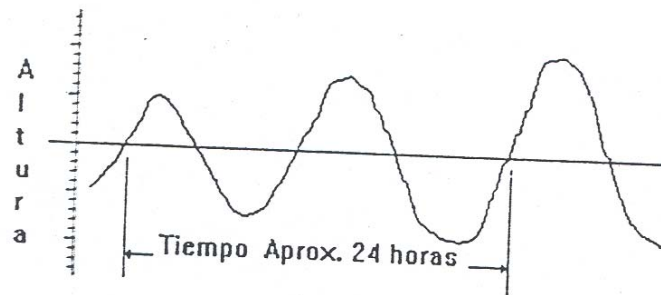
nótese que la diferencia entre los semiejes es de 21.6 km.

### **El dátum vertical. Nivel medio del mar**

Así como en el plano horizontal se ha tenido un dátum para coordenadas y direcciones, para la medida de alturas o elevaciones se tiene un dátum vertical, pero ahora en un plano o nivel de referencia que para el caso de la mayoría de los sistemas cartográficos se define como el Nivel Medio del Mar.

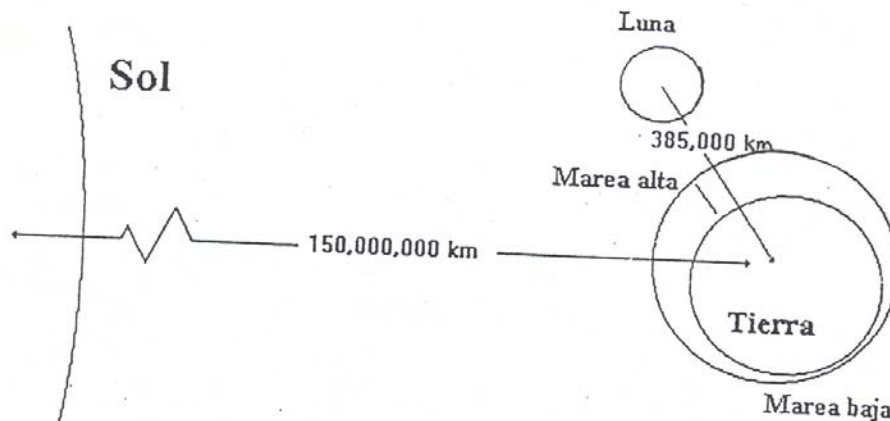
Desde el punto de vista del método de obtención para satisfacer propósitos geodésicos, se define el Nivel Medio del Mar como el promedio aritmético de las alturas horarias de la marea, obtenido por el registro de un mareógrafo estándar a lo largo de un período de aproximadamente 19 años (período de *Saros*).

Nótese en primera instancia que se trata de un promedio aritmético; en segundo, los valores por promediar se obtienen mediante el registro continuo de una aparato llamado *mareógrafo estándar*, el cual es un graficador que registra las alturas de la marea, diseñado para tal efecto, de ahí lo de "estándar". Con este instrumento se obtiene un gráfico diario de dichas alturas al cual se le llama *mareograma* o *marigrama*, ver siguiente figura:



Aspecto de un mareograma

La tercera característica en la definición es el período necesario para obtener el valor requerido con una precisión que satisfaga propósitos de investigación geodésica. Esto se debe a que la marea es un fenómeno físico que obedece a las leyes de atracción universal de Newton y depende así de las posiciones relativas de la Tierra, el Sol y la Luna en un momento dado. La configuración indicada en la siguiente figura produce una marea marina de una altura específica. Al día siguiente por ejemplo, las posiciones relativas ya no son las mismas, el efecto es distinto en magnitud y por lo tanto la altura de la marea en el mismo sitio será diferente.



**Esquema del fenómeno de las mareas**

Finalmente, y como dato complementario, así como hay mareas marinas, también las hay terrestres, debido a que no siendo la Tierra un cuerpo rígido, también está sujeta a los efectos dinámicos de la atracción del Sol y la Luna, aún cuando las amplitudes de las mareas terrestres son mucho menores que las marinas.

Resumiendo todo este apartado, las cartas del INEGI-DGG han tenido como datum horizontal el NAD27 en el Elipsoide de Clarke de 1866 y el datum vertical ha sido el Nivel Medio del Mar. En la actualidad se está cambiando al ITRF92, época 1988.0, en el GRS80 y, se sigue empleando el Nivel Medio del Mar, aunque hay que recordar que el ITRF es un sistema de referencia tridimensional y por lo tanto abarca también la dimensión vertical.





## Glosario <sup>1</sup>:

### Escala

Es el concepto fundamental en las representaciones gráficas, bien sean cartas, mapas, planos, croquis u otras gráficas.

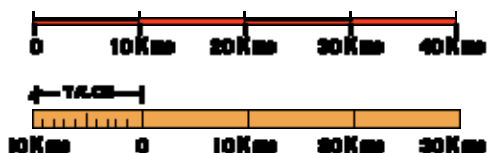
Se define como "la relación existente entre la medida gráfica del dibujo y la real del terreno". Y se puede expresar mediante la siguiente división:

Escala = medida del plano / medida del terreno

$E = P / T$  o  $E = P : T$

Es indispensable que ambas medidas se expresen en la misma clase de unidades, es decir, ambas en metros (m), centímetros (cm), o bien en milímetros (mm), o cualquier otra clase de unidades que deseemos, como podrían ser otras unidades arbitrarias, tales como la longitud de un palo, palmos, pies, etc.

### Escala gráfica de un plano



### Características más importantes de las cartas

	Serie 2V	Serie 5V	Serie L	Serie C	Serie 2C	Serie 4C	Serie 8C
	1:10.000	1:25.000	1:50.000	1:100.000	1:200.000	1:400.000	1:800.000
<b>Cuadrícula principal</b>	Kilométrica	Kilométrica	Kilométrica	Kilométrica 5	Kilométrica 10	Kilométrica 20	Kilométrica 100
<b>color</b>	azul	azul	azul	azul	azul	azul	azul
<b>Cuadrícula secundaria</b>	Lambert	Lambert	Lambert	Lambert	Lambert		
<b>indicación</b>	bordes	bordes	iniciada	iniciada	iniciada		
<b>color</b>	verde	verde	verde	verde	verde		
<b>distancia</b>	1 km		5 km	10 km	10 km		
<b>Cuadrícula geográfica</b>	1'	1'	5'	10'	15'	30'	1°
<b>color</b>	negro	negro	negro	negro	negro	negro	negro
<b>Equidistancia de curvas</b>	5 m	10 m	20 m	40 m	100 m	200 m	400 m
<b>curvas directoras</b>	25 m	50 m	100 m	200 m	400 m		

<sup>1</sup> Tomado de la página en internet de la Dirección General de Protección civil. Red Radio de Emergencia. VADEMÉCUM REDER  
<http://www.proteccioncivil.org/vademecum/vdm014.htm#1407>



### **Orientación**

Es la forma de relacionar la posición del mapa con respecto a los "puntos cardinales", tal y como es en la realidad el terreno en relación a tales "puntos cardinales".

En los mapas, cartas o planos a veces se señala la orientación por medio de la "rosa de los vientos", aunque es suficiente y lo más frecuente, señalar simplemente la dirección Norte bien mediante una flecha con la letra N, o bien con cualquier indicativo o alegoría que indique tal dirección.

Si no llevan ninguna indicación de orientación, se sobrentiende que esta orientado al Norte en la posición normal de lectura del plano.

### **Distancias que se consideran en el terreno y en el plano**

- Distancia real o topográfica: es la distancia verdadera del terreno que separa dos puntos.

- Distancia natural o geométrica: es la distancia en línea recta que separa dos puntos del terreno.

- Distancia horizontal, reducida o reducida al horizonte: se llama de estas tres formas a la longitud de la recta perpendicular, a las verticales que pasan por los extremos de la distancia.

- Diferencia de nivel: es la distancia vertical que separa dos puntos del terreno. Se halla restando la cota menor de un punto, de la mayor de otro.

En el plano encontraremos siempre distancias reducidas; para deducir la distancia natural, conociendo la distancia reducida y la diferencia de nivel, tendremos que hacer una construcción geográfica o seguir un procedimiento aritmético (teorema de Pitágoras).

### **Topografía**

Etimológicamente la palabra topografía procede del griego "topo" = lugar, y "grafos" = dibujo. Es la ciencia que con el auxilio de las matemáticas nos ayuda a representar gráficamente (mediante un dibujo), un terreno o lugar determinado, con todos sus accidentes y particularidades naturales o artificiales de su superficie.

En las proyecciones topográficas se distinguen dos partes: Planimetría y Altimetría.

**Planimetría** es la proyección de cada punto interesante del terreno sobre un plano horizontal, tomado como referencia.

**Altimetría**, es la determinación de las cotas de los diferentes puntos del terreno, con respecto al plano horizontal de comparación, el cual, aunque puede ser tomado a una altura arbitraria.



## Referencias:

### Bibliografía

- **Asociación cartográfica internacional.** (1984). *Cartografía Básica para estudiantes y técnicos.* México: Talleres de la Dir. Gral. de Geografía
- **Asociación cartográfica internacional.** (1998). *Series Cartográficas, Nomenclatura.* México: Talleres de la Dir. Gral. de Geografía
- Bosque Sendra, Joaquín. (1992). *Sistemas de Información Geográfica.* Madrid: RIALP.
- Guimet Pereña, Jordi. (1992). *Introducción conceptual a los SIG.* Madrid: Estudio Gráfico Madrid.
- Hansen Albites, Francisco. *Cartografía básica Manual Interno de Capacitación.* México.
- Joly, Fernand. (1988). *La Cartografía.* Madrid: Ed. Oikos-Tau.
- Robinson, Arthur. (1984) *Elements of Cartography.* USA: John Wiley & Sons. 5° ed

### Medios electrónicos

- Consulta para el glosario: Tomado de la página en internet de la Dirección General de Protección civil. Red Radio de Emergencia. VADEMÉCUM REDER <http://www.proteccioncivil.org/vademecum/vdm014.htm#1407> Recuperado el 25 de agosto de 2006.
- Consulta para temas cartográficos: <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/prodyserv/marcoteo/carmex/carmex.cfm?c=236> Recuperado el 23 de agosto de 2006.

