

CAPITULO II.

LA GEORREFERENCIACIÓN⁹ Y LA CARTOGRAFÍA DENTRO DE UN SIG.**2.1 Georreferencia de la Información.**

La georeferenciación es el proceso utilizado para relacionar la posición de un objeto o superficie en un plano o en archivo raster o vectorial con su posición en la superficie terrestre.

Para georeferenciar cualquier objeto en la superficie terrestre es necesario definir una superficie de referencia, una figura geométrica que represente la Tierra y finalmente un datum.

2.1.1 Superficie de referencia.

La geodesia es la rama de la ciencia que estudia lo referente a la medición del tamaño, forma y posición de los objetos en la superficie de la Tierra. Dado que la medición de distancia es afectada por la irregularidad de la superficie terrestre es necesario definir una superficie de referencia sobre la cual se harán las mediciones. La localización (posición de los objetos en la Tierra) es una función de distancias y direcciones. De no contarse con una superficie de referencia tanto las distancias como los rumbos serían ambiguos.

Para solucionar el problema de la irregularidad de la superficie terrestre se utilizó inicialmente el geoide como superficie de referencia. Para fines prácticos se puede definir el geoide como una figura geométrica que representa el nivel medio del mar en la superficie terrestre si el agua pudiera fluir bajo los continentes (Fig. 2.1).

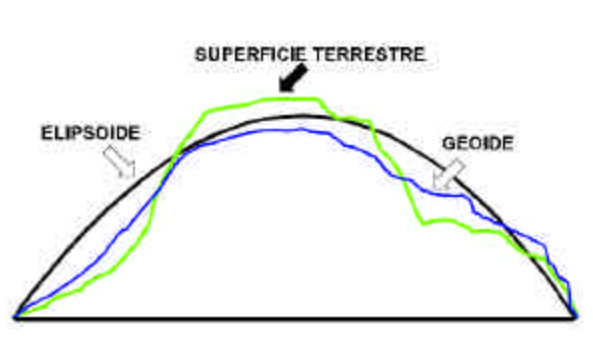


Figura 2.1 Modelos de la forma de la Tierra: Geoide y Elipsoide:

⁹ Georeferenciación: relacionando lugares en un mapa con posiciones en la superficie terrestre.

Técnicamente se define como una superficie donde la dirección de la gravedad (g) es perpendicular en todos los lugares y que corresponde a aquella gravedad experimentada al nivel medio del mar. El movimiento de rotación de la Tierra produce dos fuerzas opuestas: la centrífuga y la centrípeta. Estas fuerzas a su vez modifican la forma del geoide, el cual es ligeramente abultado en el ecuador y ligeramente achatado en los polos (diámetro de la Tierra en el ecuador es 12757Km en tanto que el diámetro polar es 12714 Km). La figura geométrica resultante es un objeto similar a una esfera y que recibe el nombre de elipsoide.

La ventaja del geoide como superficie de referencia es que puede interpretarse en función de leyes físicas y que puede observarse en las costas (nivel del mar). Una desventaja del geoide es que es ligeramente irregular como resultado de los diferentes materiales de que está formada la Tierra (montañas, desbalances isostáticos, materiales de mayor densidad en el fondo de los océanos, etcétera). Esto introduce ambigüedades en la medición de distancias y por lo tanto en la localización de objetos en la superficie terrestre.

2.1.2 Elipsoide de referencia

Debido a las irregularidades propias del geoide se ha decidido utilizar una superficie de referencia abstracta que aproxime la forma del geoide pero sin sus irregularidades; esta figura se denomina elipsoide. La ventaja del elipsoide es que su forma es independiente del material que forma la tierra y por lo tanto es una superficie sin irregularidades que puede definirse utilizando ecuaciones matemáticas. Al eliminarse las irregularidades también se eliminan los problemas de ambigüedad en la medición de distancias. Actualmente existen una gran cantidad de elipsoides en uso y cada uno de ellos responde a condiciones específicas de la zona para la cual fue diseñado. La existencia de múltiples elipsoides es un indicativo de que sólo son una aproximación al geoide y que por lo tanto no representan con igual exactitud a todos los puntos sobre la superficie terrestre. Cada elipsoide está definido por (Figura 2.2):

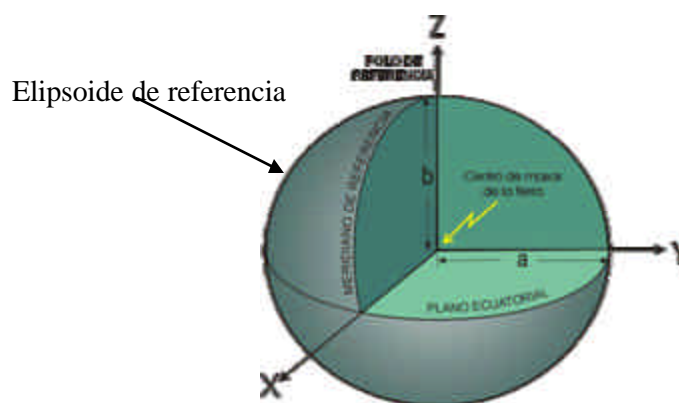


Figura 2.2 El elipsoide y sus semi-ejes mayor (a) y menor (b).

El datum es un conjunto de parámetros que especifican la superficie de referencia o el sistema de coordenadas de referencia, empleado para el cálculo de coordenadas de puntos en la tierra. Es decir, un conjunto de mediciones que definen la orientación de un elipsoide determinado en la superficie terrestre.

El datum define los siguientes aspectos (InterAmerican Geodetic Survey, 1950):

- a. Elipsoide en uso*
- b. La ubicación (posición inicial) y orientación del norte (acim ut inicial) y,*
- c. La distancia entre el geoide y el elipsoide en la ubicación inicial.*

Por lo tanto el datum establece una superficie de referencia permanente para la cartografía de un país o un continente.

Al utilizar material cartográfico se debe reconocer que cada datum define un sistema de coordenadas planas y por lo tanto la posición de un determinado lugar en la superficie terrestre dependerá del datum que se utilice.

La diferencia en localización entre dos datum puede ser de hasta 200 metros. La selección correcta del datum es especialmente crítica cuando utilizemos sistemas de posicionamiento global (GPS), los cuales brindan sus resultados en latitud y longitud y utilizan el WGS84 como sistema de referencia.

Algunos otros datum de uso común son NAD83 (North American Datum de 1983), el cual es utilizado en los Estados Unidos y América del Norte y el WGS84 (World Geodetic Datum de 1984), el cual es válido para cualquier posición en el planeta Tierra. El WGS84 es el datum utilizado por la mayoría de los sistemas de posicionamiento global (SPG) para registrar posiciones (coordenadas) en la Tierra.

Los datums de uso en México son (Tabla 2.1): NAD27, NAD83, ITRF92, y WGS84.

Tabla 2.1 *Datums utilizados en México.*

<i>Datum</i>	<i>Elipsoide Geodésico de referencia (asociado al Datum)</i>
NAD27 <i>Datum Norteamérica de 1927</i>	Clarcke 1866 <i>Clarcke</i>
WGS84 <i>Sistema Geodésico mundial de 1984</i>	WGS84 <i>Sistema Geodésico mundial de 1984</i>
ITRF92 <i>Marco de referencia terrestre internacional de 1992</i>	GRS80 <i>Sistema Geodésico de referencia de 1980</i>
NAD83 <i>Datum Norteamericano de 1983</i>	GRS80 <i>Sistema Geodésico de referencia de 1980</i>

Tener Datums diferentes es tener diferentes orígenes para las coordenadas de latitud y longitud por lo tanto un mismo punto de la superficie

de la tierra va a presentar coordenadas diferentes si se ubica o posiciona de acuerdo a uno u otro datum (Figura 2.4).

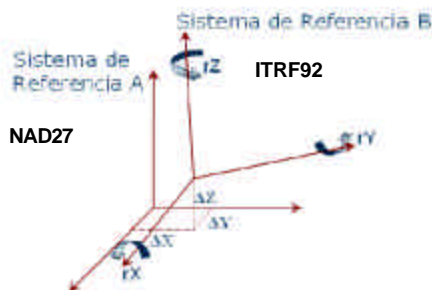


Figura 2.4 Datum NAD27 representado por las coordenadas del origen del sistema de referencia A y el Datum ITRF92 representado las coordenadas del origen del sistema de referencia B.

2.2.1 NAD27.

El datum norteamericano de 1927 fue el datum oficial para México hasta 1998 de acuerdo a las normas oficiales del INEGI y modificadas ese año. Por lo que gran parte de la cartografía existente esta referenciada y ubicada dentro de este datum. Actualmente ya no se ocupa este datum dado que la tecnología GPS proporcionan precisiones mayores con el datum WGS84.

2.2.2 WGS84.

El sistema fue creado y es controlado actualmente por el departamento de defensa de los Estados Unidos de Norteamérica. El uso de este datum esta dado por el uso de la tecnología GPS, en la cual se calculan las posiciones para este datum por default. El Sistema GPS es utilizado para levantamientos topográficos, geodésicos y recolecta de datos para SIG, además muchas imágenes de satélite vienen georreferenciadas dentro de este datum.

2.2.3 ITRF92.

Este datum esta materializado con las más modernas técnicas de medición a través del Internacional Earth Rotation Service (IERS)

A partir de las modificaciones hechas a la norma técnica de levantamientos geodésicos en 1998 el INEGI establece:

Todo punto perteneciente a un levantamiento geodésico horizontal, deberá estar referido al marco de Referencia Terrestre Internacional (ITRF) del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra (IERS) para el año 1992 con datos de la época 1988.0 y que se denomina ITRF92 Epoca 1988.0 que es el nuevo Sistema Geodésico de Referencia oficial para México.

2.2.4 NAD83

Es el datum oficial de los Estados Unidos de Norteamérica, solo se considera en la cartografía de la frontera norte.

2.2.5 Comparaciones

De los datums NAD27, NAD83, ITRF92, y WGS84, el NAD27 es un datum local dado que su uso solo se ajusta a una parte de la superficie terrestre, además de que difiere mas de los otros tres.

2.2.5.1 WGS84 y ITRF92

Existe una diferencia entre el parámetro de aplastamiento o achatamiento del elipsoide de referencia adoptado por el WGS84 con respecto al que utiliza el ITRF92 (GRS80) (Tabla 2.2).

Tabla 2.2 Parámetros de aplastamiento o achatamiento del elipsoide de referencia adoptado por el WGS84 con respecto al que utiliza el ITRF92 (GRS80)

Parámetro	ITRF92	WGS84
Semieje mayor (a)	6378137 m	6378137 m
Semieje menor (b)	6356752.31414 m	6356752.31424 m
Factor de achatamiento	1/298.257222101	1/298.257223563
Velocidad angular (w)	7292115 x 10 ¹¹ rad/seg	7292115 x 10 ¹¹ rad/seg
Constante gravitacional (GM)	3986005 x10 ⁸ m ³ /seg ²	3986005 x10 ⁸ m ³ /seg ²

Para fines cartográficos se consideran iguales los Datum WGS 84 e ITRF92. Al sobreponer información que esta en ITRF92 con la que esta en WGS84 no se percibirán desplazamientos apreciables.

Aunque, no se debe utilizar WGS84 como Datum Oficial ya que el datum WGS84 solo presenta 5 estaciones como marco de referencia¹⁰ y ninguna esta en México y el ITRF92 tiene más de 300 estaciones (Tabla 2.3).

Tabla 2.3 de comparación entre los Datums ITRF vs WGS (INEGI)

Sistema cartesiano tridimensional	Sistema cartesiano tridimensional
Velocidades definidas	
Determinado por 5 técnicas extraterrestres	Determinado por una técnica extraterrestre
Mas de 300 estaciones	5 estaciones
Información abierta	Información restringida
Elipsoide GRS80	WGS 84

¹⁰ Se entiende por Marco de referencia el materializar el sistema de referencia para establecer puntos físicos sobre el terreno que son necesarios e indispensables para los trabajos geodésicos cartográficos y topográficos dentro de un territorio.

2.2.5.2 ITRF92 y NAD27

De acuerdo a las normas sobre levantamientos geodésicos de 1998 el actual marco de referencia es el ITRF92, el NAD27 es un datum antiguo.

Los ITRF son sistemas que ubican el centro de sus ejes de referencia en el geocentro de la masa de la tierra y el NAD27 no.

El ubicar un mismo punto en NAD27 e ITRF92 si difiere en una distancia “considerable” para ciertas escalas. Los desplazamientos que se presentan cuando se tiene información en diferentes Datum no es constante y va variando aunque pudiera no ser tan significativo en zonas de poca extensión. Esta variación como no es uniforme implica calcular parámetros de transformación por zonas, donde el desplazamiento es mas o menos similar. La diferencia entre ambos sistemas es de aproximadamente 200mts.

2.2.6 Métodos de Transformación entre Datum.

Los métodos convencionales de transformación entre Datum se basan en translaciones y rotaciones de los ejes coordenados.

La forma más general de transformar coordenadas rectangulares es mediante el uso de una transformación de siete parámetros.

Esto implica en primera transformar las coordenadas geodésicas de latitud y longitud a coordenadas cartesianas X, Y, Z (Tabla 2.5).

Tabla 2.5 Expresiones para la transformación de coordenadas geodésicas de latitud y longitud a coordenadas cartesianas X, Y, Z (INEGI Norma Técnica NTG- 001– 200).

GEODÉSICAS A CARTESIANAS	CARTESIANAS A GEODÉSICAS
$X = (v + h) \cos \phi \cos \lambda$ $Y = (v + h) \cos \phi \sin \lambda$ $Z = ((1 - e^2)v + h) \sin \phi$ <p>Donde:</p> $v = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{1/2}}$ $e^2 = 2f - f^2$ $h \cong N + H$	$\lambda = \tan^{-1} \frac{Y}{X}$ $\phi = \tan^{-1} \frac{(Z + e^2 a \sin^3 u / (1 - f))}{(p - e^2 \sin^3 u)}$ $h = p \cos \phi + Z \sin \phi - a(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{1/2}$ <p>Donde:</p> $p = (X^2 + Y^2)^{1/2}$ $u = \tan^{-1} \frac{Z(1 - f)}{p} \left[1 + \frac{e^2 a}{r(1 - f)} \right]$ $r = (p^2 + Z^2)^{1/2}$

Luego emplear un sistema matricial para llevar acabo translaciones y rotaciones de los ejes coordenados de un sistema "A" para orientarlo y superponerlo con un sistema "B" aplicando un factor de escala (Figura 2.5).

- Las tres translaciones entre los orígenes, .X, .Y, .Z;
- Las tres rotaciones entre los ejes, RX, RY, RZ;
- La diferencia de escala, S.

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{SistB}} = \begin{pmatrix} ?X \\ ?Y \\ ?Z \end{pmatrix} + (1+S) \begin{pmatrix} 1 & r_z & -r_y \\ -r_z & 1 & r_x \\ r_y & -r_x & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{SistA}}$$

Si solo se tienen los tres parámetros de translación es:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{Sist.B}} = \begin{pmatrix} ?X \\ ?Y \\ ?Z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{Sist.A}}$$

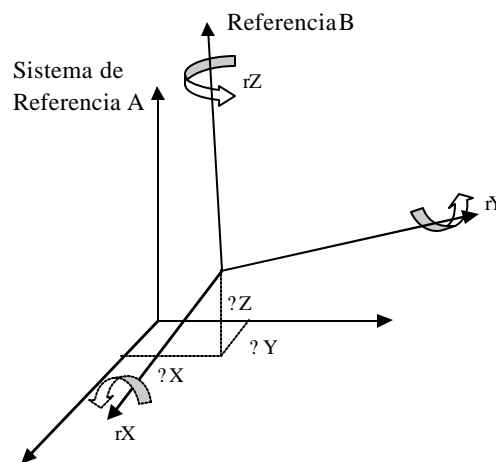


Figura 2.5 Sistemas de referencia A y B.

Sin embargo las coordenadas más frecuentemente usadas en la práctica no son éstas, sino las geodésicas (también conocidas como geográficas).

2.2.6.1 Traninv (Transformación entre NAD27 y ITRF92)

Actualmente el INEGI utiliza el TRANINV que es el programa oficial de transformación de coordenadas en ITRF92 época 1988.0 a NAD27 y viceversa, con propósitos cartográficos, el cual se basa en un polinomio algebraico bidimensional de grado nueve para llevar los valores de un sistema geodésico de referencia al otro.

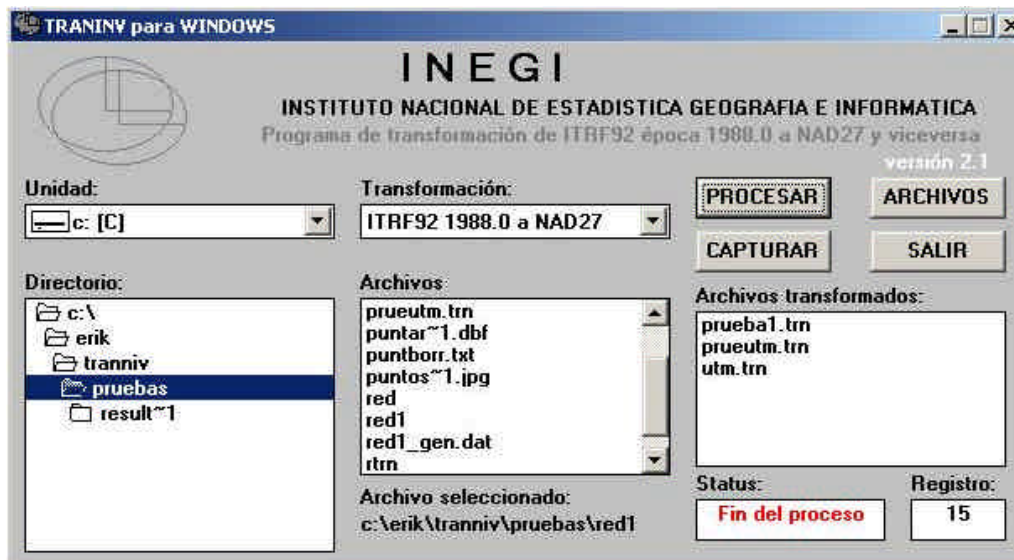


Figura 2.6 Programa oficial de transformación de coordenadas en ITRF92 época 1988.0 a NAD27 y viceversa, del INEGI.

La solución tiene una precisión cuadrática (rms) cercana a los tres metros, lo que significa que un punto determinado en ITRF92 época 1988.0, transformado por medio de este programa a NAD27, al representarlo en la cartografía 1:50 000 publicada por el INEGI, tendrá un error menor a una décima de milímetro en su ubicación, lo que cartográficamente es satisfactorio.

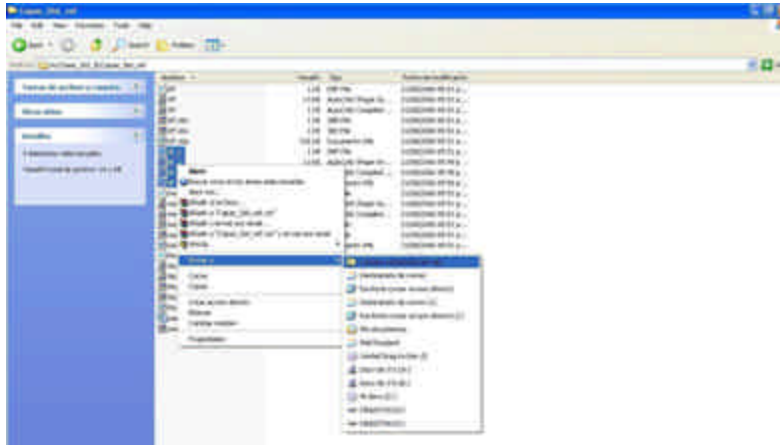
Se debe recabar que el TRANINV fue creado con la intención fundamental de poder utilizar la cartografía existente en NAD27, junto con el marco geodésico de referencia definido en el ITRF92 época 1988.0

La transformación de NAD27 a ITRF92 se puede realizar a través del siguiente sitio WEB:

<http://antares.inegi.gob.mx/traninv/upload.html>

Procedimiento:

Seleccionar los archivos SHP, SHX y DBF, **[Clic botón derecho] Enviar a [Carpeta comprimida en zip]** para compactarlos¹¹.



En Internet Explorer anotar la siguiente dirección para acceder a la página del programa Traniv.

<http://antares.inegi.gob.mx/traninv/upload.html>



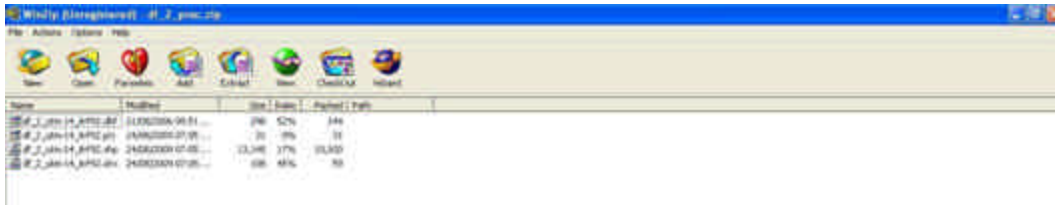
En la página se localiza el botón **[examinar]** con el que se adiciona el archivo .zip y se envía con el botón **[enviar archivo]**,



¹¹ En un mismo archivo *.zip se podrán compactar más de una capa.

El archivo transformado tiene el nombre original con la adición: “_proc” y los archivos son renombrados agregando “_i92”.

Utilizar WINZIP para descomprimir la carpeta con los archivos procesados.



El traninv es la solución para transformar solo de NAD27 a ITRF92 y viceversa.

2.3 Proyecciones Cartográficas.

Todo mapa está en un determinado sistema de proyección que responde a la necesidad de representar en una forma sistemática la superficie terrestre con sus detalles. Sin embargo, no existe ninguna proyección que pueda representar una forma curva sobre una superficie plana sin que se produzcan deformaciones.

La proyección cartográfica permite representar una superficie esférica como la Tierra en una lámina de papel plana.

Una proyección cartográfica es una representación sistemática de los paralelos y meridianos de una superficie tridimensional en una superficie bidimensional (Figura 2.7). Dado que una superficie plana (lámina de papel) no puede ajustarse a una esfera sin estirarse o encogerse tampoco es posible representar atributos de un globo (meridianos, paralelos, límites entre países, etc.) en un mapa sin causar distorsiones.

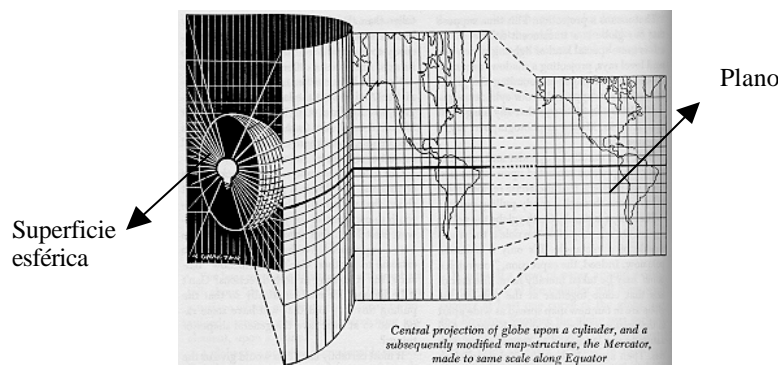


Figura 2.7 Representación sistemática de los paralelos y meridianos de una superficie tridimensional en una superficie bidimensional.

Existen diversas proyecciones y cada una de ellas trata de minimizar las distorsiones. El cartógrafo puede diseñar una cuadrícula sobre la superficie terrestre de tal forma que una o más de sus propiedades geométricas se mantengan o de tal forma que las áreas de mayor distorsión se ubiquen en zonas de menor importancia para el uso que se le dará al mapa (mantener la geometría de los continentes a expensas de la geometría de los océanos).

Las proyecciones que se utilizan en la actualidad se han derivado a partir de modelos matemáticos del globo terrestre y todas ellas comparten la misma característica: mostrar la posición correcta de las líneas de longitud y latitud del Planeta. En otras palabras, cada proyección es solamente un reordenamiento de los meridianos y paralelos trasladados del Globo Terrestre a un mapa. Dado que no hay forma de eliminar los errores al trasladar una superficie curva (Tierra) a una superficie plana (mapa) ninguna proyección es geoméricamente perfecta.

En síntesis, cada proyección es elaborada a partir de una figura geométrica con un propósito particular y por ende tiene sus propias virtudes y limitaciones (Figura 2.8).

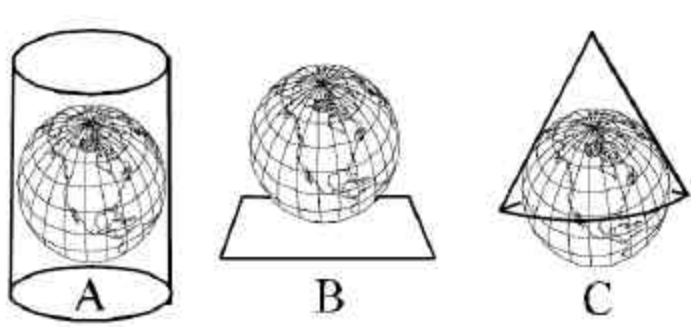


Figura 2.8 Derivación de una proyección cartográfica a partir de un cilindro, un plano y un cono.

Las proyecciones cartográficas son los métodos empleados para transferir los rasgos de la superficie del terrestre al papel, es decir, a un plano, y de acuerdo a la técnica y metodología utilizada se tendrá una serie de proyecciones cartográficas.

Sea cual sea la superficie y el método, las proyecciones cartográficas siempre presentan distorsiones.

Las proyecciones cartográficas utilizadas en México son: la Universal Transversa de Mercator (UTM) y la Cónica Conforme de Lambert (CCL)(Tabla 2.6).

Tabla 2.6 Proyecciones cartográficas utilizadas en México.

	Información Espacial o Geográfica
Sistema Coordinado	Geográfico (latitud y longitud) o proyectado (X, Y)
Datum	NAD27, ITRF92, WGS84 y NAD83(casos de frontera)
Proyección Cartográfica	CCL o UTM (zonas 11-16)

2.3.1 Sistema Universal Transversal de Mercator (UTM)

Esta no es una proyección en sí misma sino más bien un sistema de coordenadas planas basado en la proyección Transversal de Mercator. Los Meridianos centrales son establecidos cada 6° de longitud en el ámbito 84° norte y -80° sur. Esto define 60 zonas que se extienden 3° de longitud a ambos lados del meridiano central. Cada zona es designada con una letra del alfabeto, etiquetando de sur a norte.

Las propiedades del sistema son:

Forma: Es conformal y por lo tanto representa con exactitud áreas pequeñas. La distorsión de áreas grandes es mínima en cada zona.

Área: La distorsión es mínima en cada zona.

Dirección: Ángulos locales son verdaderos.

Distancia: La escala es constante a lo largo del meridiano central. Se aplica un factor de escala de 0.9996 para reducir la distorsión lateral dentro de cada zona. Este factor de escala permite que las líneas ubicadas a 180Km hacia el este o el oeste y paralelas al meridiano central tengan un factor de escala de 1.

En cada zona se sobrepone un cuadrículado rectangular y las coordenadas se expresan en metros con respecto al Ecuador y al este de un eje de referencia.

Para reducir la distorsión en la escala se aplica un factor de corrección de 0,9996 a lo largo del meridiano central de cada zona.

Para determinar posiciones en el Hemisferio Norte se le asigna al meridiano central un falso este de 500.000 metros (para mantener valores positivos en la zona) y un falso norte de 0. Para mediciones en el Hemisferio Sur se asigna un falso este de 500.000 metros y un falso norte de 10.000.000 de metros. Las coordenadas este, norte y el número de zona definen la posición de cualquier punto en la superficie terrestre en el sistema UTM. Las zonas polares no son consideradas por el sistema UTM. México se encuentra en 6 Zonas de la proyección UTM.

Dependiendo de el meridiano central se le asigna la zona UTM le corresponde: Zona_11 (87°); Zona_12 (93°); Zona_13 (99°); Zona_14 (105°); Zona_15 (111°) y Zona_16 (117°) (Figura 2.9).

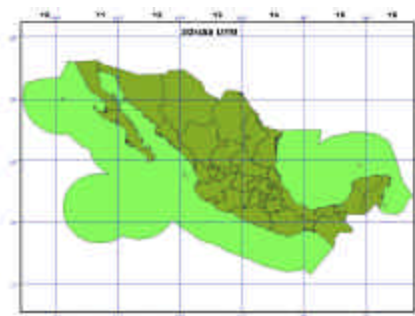


Figura 2.9 Zonas UTM de Mexico.

Los parámetros oficiales para la proyección UTM_Z14 son:

Projection: Transverse_Mercator
 False_Easting: 500000.000000
 False_Northing: 0.000000
 Central_Meridian: -99.000000
 Scale_Factor: 0.999600
 Latitude_Of_Origin: 0.000000
 Linear Unit: Meter (1.000000)

2.3.2 Proyección Cónica Conforme de Lambert (CCL).

La proyección Cónica Conforme de Lambert (CCL) es desarrollada a partir de un cono cuya forma está determinada por los dos paralelos estándares. Los paralelos estándares son escogidos de tal forma que dos terceras partes del ámbito norte-sur de la proyección se encuentran entre ellos, un sexto se encuentra al norte del paralelo estándar superior y un sexto al sur del paralelo estándar inferior. Sólo una zona de la proyección puede incluirse en un cono particular. En esta proyección los meridianos son líneas rectas y los paralelos de latitud son arcos concéntricos. La proyección puede extenderse en el sentido este-oeste pero no en la dirección norte-sur sin incurrir en fuertes errores. La distorsión de escala depende solamente de la latitud. Esto hace que la proyección cónica de LAMBERT sea apropiada para áreas que se extienden en dirección este-oeste. Las coordenadas x,y son medidas en metros. El falso norte y el falso este representan coordenadas X y Y, respectivamente, en un sistema de coordenadas planas.

Las propiedades de la proyección Lambert son:

Forma: Es conforme y por lo tanto representa con exactitud áreas pequeñas.

Área: La distorsión es mínima cerca de los paralelos estándar.

La escala se reduce entre los paralelos estándares e incrementa al alejarse de ellos.

Dirección: Ángulos locales son verdaderos.

Distancia: La escala es correcta a lo largo de los paralelos estándares.

La escala se reduce entre los paralelos estándares e incrementa al alejarse de ellos.

Los parámetros oficiales para la proyección CCL son:

Latitud del Primer Paralelo Estándar: 17°30´N
 Latitud del Segundo Paralelo Estándar: 29° 30´ N
 Latitud del Origen de la Proyección: 12° N
 Longitud del Meridiano Central: 102° 00´ W
 Este del Origen: 2'500,000.00
 Norte del Origen: 0.00.

2.3.3 Identificación de Coordenadas (Caso de México)

Las coordenadas geográficas tienen como característica (para el caso de México), que X solo tiene valores negativos (dentro del rango de -117° y -87°); mientras que Y tiene valores positivos (dentro del rango de 15° y 32°).

En la proyección CCL, tienen como característica (para el caso de México) que la coordenada X tiene valores de 7 cifras (dentro del rango 1,083,948 y 4,081,762 aproximadamente) y la coordenada Y valores de 6 cifras hasta de 7 cifras (dentro del rango de 321,523 y 2,360,208 aproximadamente).

En la proyección UTM., la coordenada X siempre estará con valores de cientos de miles no llega a 1 millón ni baja a menos de 100000 y la coordenada Y siempre estará en millones.

Las coordenadas en UTM (para el caso de México), tienen como característica que X solo tiene valores hasta de 6 cifras (dentro del rango de 180600 y 819500 aproximadamente); mientras que Y tiene valores de 7 cifras (dentro del rango de 1620000 y 3240000 aproximadamente).

Dependiendo del meridiano central se le asigna, que zona UTM le corresponde: Zona_11 (87°), Zona_12 (93°), Zona_13 (99°), Zona_14 (105°), Zona_15 (111°) y Zona_16 (117°).

2.3.4 Identificación del Datum.

La identificación del datum en que se encuentra la información espacial que se este trabajando solo se puede hacer si se cuenta con capas con las que se pueda comparar y que se este seguro en que datum esta la información con la que se este comparando (Figura 2.10).



Figura 2.10 Ortofoto Digital Escala 1:20,000, en ITRF92 época 1988.0.
y Capa Shape de delegación en Nad27.



Figura 2.11 Ortofoto Digital Escala 1:20,000, en ITRF92 época 1988.0.
y Capa Shape de delegación en ITRF92.

2.3.5 Transformaciones en los programas de ESRI.

En programas como Arcinfo o Arcview 3.2, se cuenta con una Herramienta para la transformación de sistemas de referencia geodésicos.

Arcinfo y Arcview presentan dos métodos de transformación, el primero esta enfocado al método usado en Estados Unidos, el llamado NADCON el cual se basa en una rejilla para calcular la diferencia entre el NAD27 y NAD83

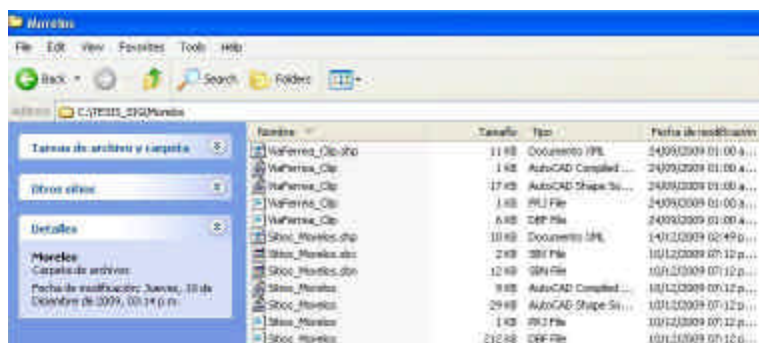
La Segunda opción engloba los métodos basados en los modelos de transformación de Molodensky o Bursa-Wolf con tres y siete parámetros de transformación.

2.3.5.1 Trabajando la referencia espacial con ArcGis 9.3.

2.3.5.1.1 Definición del sistema coordenado de una capa (Shapefile).

El primer paso es saber perfectamente el sistema coordenado de la información y el datum en el que se encuentra.

Las capas shp o shapefile, constan de tres archivos que componen la capa. El dbf que es la tabla, el shp que es el grafico y un shx que es el archivo que hace la liga entre los dbf y shx. Cuando se le asigna a una capa el sistema de referencia se crea un archivo mas con el mismo nombre de la capa pero con la extensión .prj que es un archivo que contiene información del sistema de referencia de la capa.



Se debe definir el sistema de referencia para cada capa desde ArcCatalog.

ArcCatalog ofrece tres opciones para asignar¹² el sistema de referencia, el primero es el tomar alguno predefinido por ArcGis Desktop, la segunda opción permite importarlo de un shape, cover o imagen que tengan el sistema ya definido o bien se puede generar un nuevo sistema o modificar un existente.

¹² ArcCatalog solo puede asignar el sistema de referencia no hace el cambio o transformación de un sistema a otro, esta tarea se realiza a través de ArcToolbox.

Si se tiene una capa y no se sabe cual es el sistema de referencia, primero determinar si la capa esta en coordenadas geográficas o en alguna proyección cartográfica (UTM o Cónica).

Se puede abrir el tema en ArcCatalog o en ArcMap y ver las coordenadas que se despliegan en la parte inferior y determinar el sistema coordinado.

La capa esta en coordenadas UTM.

491707.1483 2070969.8781

La capa esta en coordenadas Geograficas.

-99.1177 18.7857

La capa esta en coordenadas Conica Conforme de Lambert.

2812812.4800 756196.1686

2.3.5.1.2 Definición del Sistema de Referencia con ArcCatalog

Si la información esta en coordenadas geográficas con el Datum NAD27, la forma de asignar los parámetros es la siguiente:

Quando no se tiene asignado el sistema de referencia en la capa shapefile, dar **|clic botón derecho |Properties|XY Coordinate System|New|Geographic|** Introducir los siguientes parámetros:

Geographic Coordinate System: GCS_North_American_1927

Angular Unit: Degree (0.017453292519943299)

Prime Meridian: Greenwich (0.000000000000000000)

Datum: D_North_American_1927

Spheroid: Clarke_1866

Semimajor Axis: 6378206.400000000400000000

Semiminor Axis: 6356583.799998980900000000

Inverse Flattening: 294.978698200000000000

luego dar |Finish|Aplicar|Aceptar|.

Otra opción es dar en la capa shapefile, **|clic botón derecho |Properties|XY Coordinate System|Select|Geographic Coordinate Systems| North America|** seleccionar **|North American Datum 1927.prj|Add |Aplicar|Aceptar|.**

Otra opción mas es dar en la capa shapefile, **|clic botón derecho |Properties|XY Coordinate System|Import|** seleccionar capa shapefile que ya tenga asignado el sistema de referencia **|Add|Aplicar|Aceptar|.**

Ahora bien si esta en WGS84 o ITRF92, se pueden asignar los parámetros del ITRF92 para así estar dentro de la norma. (lo correcto es definir cada uno con sus parámetros).

Entonces si esta en ITRF92 y en coordenadas geográficas la forma de asignar los parámetros es la siguiente:

Cuando no se tiene asignado el sistema de referencia en la capa shapefile, dar **|clic botón derecho |Properties| XY Coordinate System|New|Geographic|** Introducir los siguientes parámetros:

Angular Unit: Degree (0.017453292519943299)
 Prime Meridian: Greenwich (0.000000000000000000)
 Datum: D_ITRF_1992
 Spheroid: GRS_1980
 Semimajor Axis: 6378137.000000000000000000
 Semiminor Axis: 6356752.314140356100000000
 Inverse Flattening: 298.257222101000020000
luego dar |Finish|Aplicar|Aceptar|.

Otra opción es dar en la capa shapefile, **|clic botón derecho |Properties|XY Coordinate System|Select|Geographic Coordinate Systems| World|** seleccionar **|ITRF 1992.prj|Add |Aplicar|Aceptar|.**

Otra opción mas es dar en la capa shapefile, **|clic botón derecho |Properties|XY Coordinate System|Import|** seleccionar capa shapefile que ya tenga asignado el sistema de referencia **|Add|Aplicar|Aceptar|.**

2.3.5.1.3 Reproyectando la información.

Si se tiene información en coordenadas geográficas, UTM o CCL y lo que se necesita es que esta información este en coordenadas diferentes entonces se tiene que generar una nueva capa reproyectada¹³.

2.3.5.1.3.1 Geográficas a CCL.

En **[ArcToolbox]** dando clic en **[Data Management] Projections and Transformations|Project]** aparece el cuadro de dialogo, en **Input Dataset or Feature Class** se escribe el nombre de la capa en coordenadas geográficas a reproyectar, en **Input Coordinate System (optional)** aparece el sistema de referencia de la capa de entrada, luego en **Output Dataset or Feature Class** se escribe el nombre de la capa de salida y en **Output Coordinate System** dar clic para ingresar la referencia espacial de salida, **[XY Coordinate System|Select|Projected| Projected Coordinate Systems| Continental| North America]** seleccionar **[North America Lambert Conformal Conic.prj |Add| Modify]** Dentro del recuadro. **[Geographic Coordinate System|Select|World]** seleccionar **[ITRF 1992.prj]** **[Aplicar|Aceptar|Aplicar|Aceptar]** despues dar **[Ok]** para procesar y finalmente **[Close]** para cerrar la aplicación.

2.3.5.1.3.2 Geográficas a UTM.

En **[ArcToolbox]** dando clic en **[Data Management] Projections and Transformations|Project]** aparece el cuadro de dialogo, en **Input Dataset or Feature Class** se escribe el nombre de la capa en coordenadas geográficas a reproyectar, en **Input Coordinate System (optional)** aparece el sistema de referencia de la capa de entrada, luego en **Output Dataset or Feature Class** se escribe el nombre de la capa de salida y en **Output Coordinate System** dar clic para ingresar la referencia espacial de salida, **[XY Coordinate System|Select|Projected| Projected Coordinate Systems| UTM|Wgs 1984]** seleccionar **[WGS 1984 UTM Zone 14N.prj|Add| Modify]** Cambiar nombre por el **ITRF_92_UTM_Zone_14N]** Dentro del recuadro. **[Geographic Coordinate System|Select|World]** seleccionar **[ITRF 1992.prj]** **[Aplicar|Aceptar|Aplicar|Aceptar]** despues dar **[Ok]** para procesar y finalmente **[Close]** para cerrar la aplicación.

2.3.5.1.3.3 UTM a CCL.

En **[ArcToolbox]** dando clic en **[Data Management] Projections and Transformations|Project]** aparece el cuadro de dialogo, en **Input Dataset or Feature Class** se escribe el nombre de la capa en coordenadas UTM a

¹³ Para esto es necesario que este bien definida la referencia espacial de la información que se va a reproyectar.

reproyectar, en **Input Coordinate System (optional)** aparece el sistema de referencia de la capa de entrada, luego en **Output Dataset or Feature Class** se escribe el nombre de la capa de salida y en **Output Coordinate System** dar clic para ingresar la referencia espacial de salida, **|XY Coordinate System|Select|Projected| Projected Coordinate Systems| Continental| North America|** seleccionar **|North America Lambert Conformal Conic.prj|Add| Modify|** Dentro del recuadro. **|Geographic Coordinate System|Select|World|** seleccionar **|ITRF 1992.prj|** **|Aplicar|Aceptar|Aplicar|Aceptar|** despues dar **|Ok|** para procesar y finalmente **|Close|** para cerrar la aplicación.

2.3.5.1.3.4 CCL a UTM.

En **|ArcToolbox|** dando clic en **|Data Management| Projections and Transformations|Project|** aparece el cuadro de dialogo, en **Input Dataset or Feature Class** se escribe el nombre de la capa en coordenadas de la proyección CCL a reproyectar, en **Input Coordinate System (optional)** aparece el sistema de referencia de la capa de entrada, luego en **Output Dataset or Feature Class** se escribe el nombre de la capa de salida y en **Output Coordinate System** dar clic para ingresar la referencia espacial de salida, **|XY Coordinate System|Select|Projected| Projected Coordinate Systems| UTM|Wgs 1984|** seleccionar **| WGS 1984 UTM Zone 14N.prj|Add| Modify|** Cambiar nombre por el **ITRF_92_UTM_Zone_14N|** Dentro del recuadro. **|Geographic Coordinate System|Select|World|** seleccionar **|ITRF 1992.prj|** **|Aplicar|Aceptar|Aplicar|Aceptar|** despues dar **|Ok|** para procesar y finalmente **|Close|** para cerrar la aplicación.

2.3.5.1.3.5 UTM a Geográficas.

En **|ArcToolbox|** dando clic en **|Data Management| Projections and Transformations|Project|** aparece el cuadro de dialogo, en **Input Dataset or Feature Class** se escribe el nombre de la capa en coordenadas UTM a reproyectar, en **Input Coordinate System (optional)** aparece el sistema de referencia de la capa de entrada, luego en **Output Dataset or Feature Class** se escribe el nombre de la capa de salida y en **Output Coordinate System** dar clic para ingresar la referencia espacial de salida, **|XY Coordinate System|Select|Projected| Projected Coordinate Systems| Continental| North America|** seleccionar **|North America Lambert Conformal Conic.prj|Add| Modify|** Dentro del recuadro. **|Geographic Coordinate System|Select|Geographic Coordinate Systems| World|** seleccionar **|ITRF 1992.prj|Add|Aplicar|Aceptar|** despues dar **|Ok|** para procesar y finalmente **|Close|** para cerrar la aplicación.

2.3.5.1.3.6 CCL a Geográficas.

En **|ArcToolbox|** dando clic en **|Data Management| Projections and Transformations|Project|** aparece el cuadro de dialogo, en **Input Dataset or**

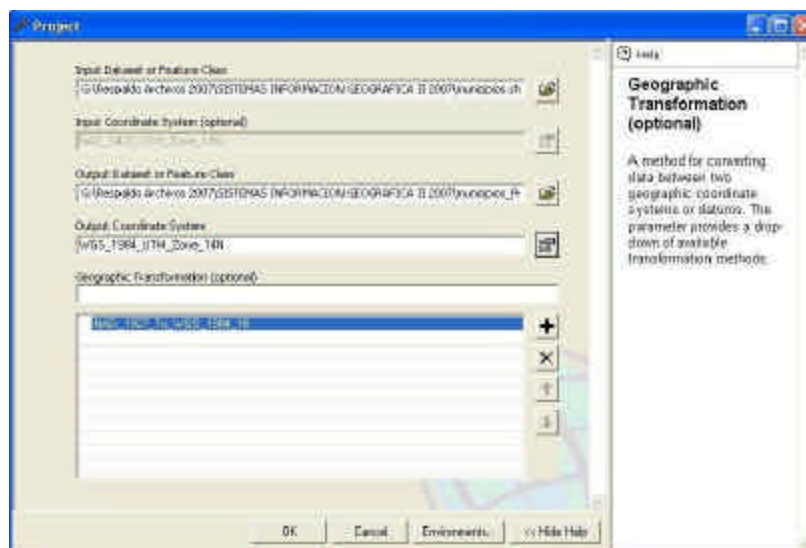
Feature Class se escribe el nombre de la capa en coordenadas de la proyección CCL a reproyectar, en **Input Coordinate System (optional)** aparece el sistema de referencia de la capa de entrada, luego en **Output Dataset or Feature Class** se escribe el nombre de la capa de salida y en **Output Coordinate System** dar clic para ingresar la referencia espacial de salida, **[XY Coordinate System/Select/ Geographic Coordinate Systems/ World]** seleccionar **[ITRF 1992.prj/Add |Aplicar/Aceptar]** despues dar **[Ok]** para procesar y finalmente **[Close]** para cerrar la aplicación.

2.3.5.1.4 Cambio de DATUM.

Es recomendable realizarlo con la aplicación TRANINV de la pagina de Internet de INEGI. ArcGis solo hace el cambio de NAD27 a WGS84 y viceversa, pero WGS84 es prácticamente igual que ITRF92.

2.3.5.1.4.1 UTM_NAD27 a UTM_WGS84

En **[ArcToolbox]** dando clic en **[Data Management] Projections and Transformations/Project]** aparece el cuadro de dialogo, en **Input Dataset or Feature Class** se escribe el nombre de la capa en coordenadas UTM_Nad27 a reproyectar, en **Input Coordinate System (optional)** aparece el sistema de referencia de la capa de entrada (Nad27), luego en **Output Dataset or Feature Class** se escribe el nombre de la capa de salida y en **Output Coordinate System** dar clic para ingresar la referencia espacial de salida, **[XY Coordinate System/Select/Projected/ Projected Coordinate Systems/ UTM/Wgs 1984]** seleccionar **[WGS 1984 UTM Zone 14N.prj/Add]**, ArcGis detecta automáticamente cuando se esta reproyectando la información si existe un cambio en el Datum. En **Geographic Transformations (optional)** seleccionar **NAD_1927_To_WGS_1984_18** (opción numero 18) que es la que contiene los parámetros de transformación para México. Dar **[Ok]** para procesar y finalmente **[Close]** para cerrar la aplicación.



Después sobre la capa re proyectada [clic botón derecho [Modify] Cambiar nombre por el **ITRF_92_UTM_Zone_14N**]. Dentro del recuadro. [Geographic Coordinate System>Select[World] seleccionar [ITRF 1992.prj] [Aplicar]Aceptar] Aplicar]Aceptar] para modificar a ITRF92.

