

# ENTENDIENDO LA PROYECCIÓN DE LOS MAPAS

## Sistema Gauss-Krüger

**Aclaración:** este Tutorial surge para dar respuesta a la necesidad que enfrentan los profesionales que utilizan GIS de comprender los conceptos necesarios para georeferenciar un mapa. En mi caso particular, debí realizar un largo recorrido incurriendo en bibliografía que mi formación no me permitía comprender.

Ante tanta dificultad procuré escribir este Tutorial privilegiando la claridad de los conceptos, en muchos casos en detrimento de la profundidad de los mismos.

Por lo cual antes de continuar debo pedir disculpas a los profesionales con mayores incumbencias que las mías por semejante atrevimiento.

Cual corrección y/o ampliación es ampliamente bienvenida.

### ÍNDICE

TEMA A DESARROLLAR .....	2
CONCEPTOS PRINCIPALES.....	4
CASO .....	5
CONOCIMIENTOS.....	6
1. EN 3 DIMENSIONES.....	6
1.1. Sistema de Coordenadas Geográficas .....	6
1.2. Elipsoides y Esferas .....	7
1.3. Datum.....	9
2. DE LA ESFERA AL PLANO .....	12
2.1. Coordenadas Cartográficas .....	12
2.2. Tipos de proyecciones .....	13
3. Sistema Gauss-Krüger.....	17
4. Resumiendo.....	20
5. Rubber Sheeting .....	21
GLOSARIO .....	23

## TEMA A DESARROLLAR

Cuando Magallanes probó que el mundo era redondo, descubrió un sinnúmero de problemas para los usuarios de GIS. Básicamente éstos se generan al desplegar la superficie en tres dimensiones de la Tierra en el área plana de la pantalla del monitor:

Usted debe saber que:

- Para realizar este pasaje se dispone de una gran cantidad de métodos.
- Que estos métodos dependen de la localización geográfica, ya que una proyección que funciona bien en el Ecuador probablemente no funciona en los Polos.
- Que esta conversión produce distorsiones que son poco importantes si se trabaja con un área pequeña pero suele ser importante al abarcar áreas mayores.
- Que es imprescindible que las bases espaciales estén en la misma proyección para que se superpongan correctamente.

**PASAJE DE LA ESFERA AL PLANO**



**TRES DIMENSIONES DEL MUNDO REAL**



**DOS DIMENSIONES DE LA PANTALLA**

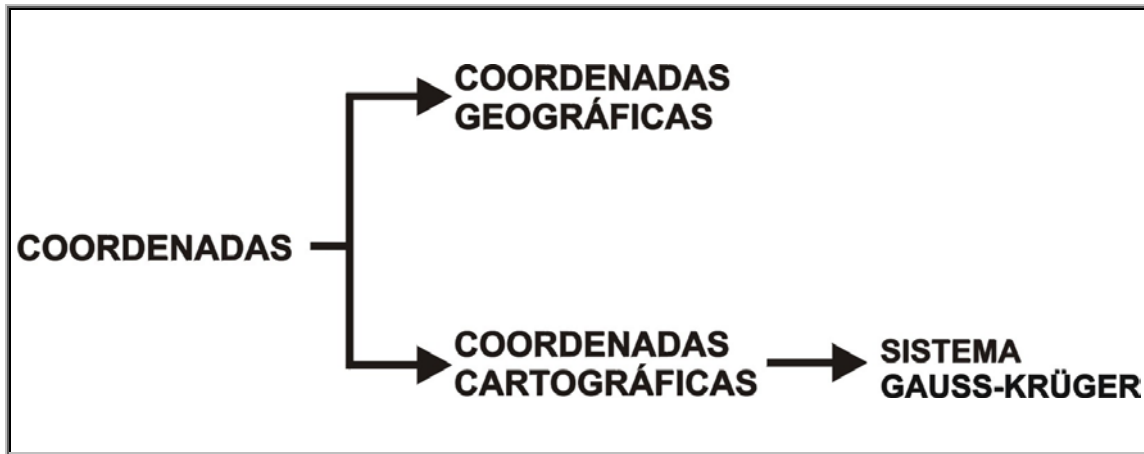
**En esta Tutorial encontrará las respuestas a las siguientes preguntas:**

- ¿Qué parámetros debo conocer para georeferenciar un mapa?
- ¿Cuál es el sistema de referencia utilizado por la Argentina?
- ¿Qué procedimiento de ajuste debo utilizar para hacer coincidir los elementos de un mapa con los de otro más fiable?

#### Los Links Recomendados

- **Proyecciones en español**  
<http://mercator.upc.es/Cataleg/PROJECTE.HTM>
- **Link donde encontrará los apuntes de Peter Jana**  
<http://www.Colorado.EDU/geography/gcraft/contents.html>
- **Geospatial Sciences Center**  
<http://164.214.2.59/GandG/pubs.html>
- **Understanding Map Projections and Coordinate Systems - ESRI**  
<http://campus.esri.com/>
- <http://software.geocomm.com/coorconv/>  
<http://www.terra.es/personal2/ltapiz/doc1.htm>  
<WWW.inicio.es/de/ltapiz>  
<http://www.copt.junta-andalucia.es/Indexnet.htm>  
<http://www.geod.nrcan.gc.ca/products/html-public/GSDapps/English/gsrug.html#>  
<http://inovagis.dcea.fct.unl.pt/giserver/functions.geoconvert.asp>  
<http://www.igeoe.pt/nova/po/transform/transform.htm>  
<http://www.proteccioncivil.org/mapas.htm#1>  
<http://www.blumarblegeo.com/supcen/sca-transformer.htm>

## CONCEPTOS PRINCIPALES



## CASO

**Mensaje enviado a la lista SIG** que se repite permanentemente en las listas de discusión sobre Sistemas de Información Geográfica.

**Date:** Wed, 16 Sep 1998 16:53:55 +0200  
**Reply-To:** Sistemas de Información Geográfica y Cartográfica  
<SIG@LISTSERV.REDIRIS.ES>  
**Sender:** Sistemas de información Geográfica y Cartográfica  
<SIG@LISTSERV.REDIRIS.ES>  
**From:** Fernando Isasi <fisasi@TSC.UVIGO.ES>  
**Subject:** [Coordenadas UTM a geográficas](#)

Hola lista:

Ando como loco buscando las ecuaciones para transformar coordenadas UTM en geográficas, UTM entre husos..., todo ello para programar, es decir, las tablas que publicó el ejército no me sirven. Si hay algún alma caritativa que me pueda decir dónde conseguirlas o me las pueda enviar se lo agradecería mucho.

Un saludo  
Fernando Isas

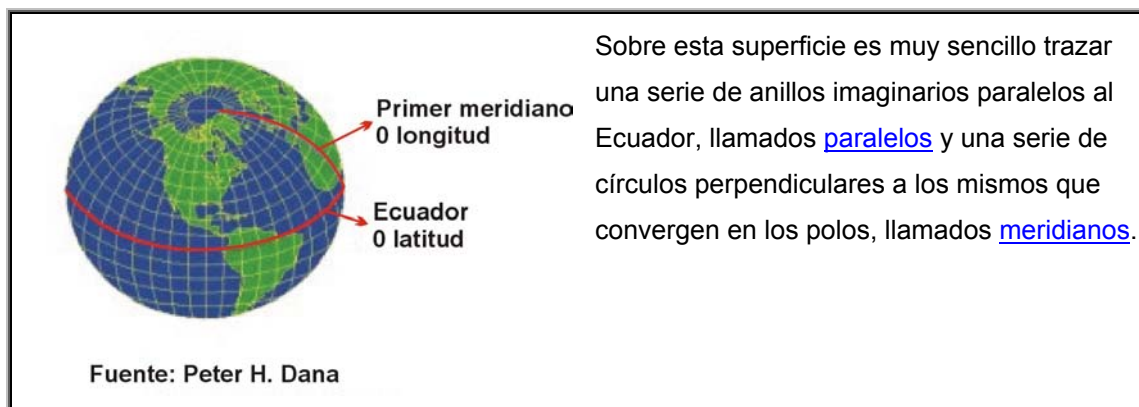
## CONOCIMIENTOS

### 1. EN 3 DIMENSIONES

#### 1.1. Sistema de Coordenadas Geográficas

Cualquier objeto geográfico (una ciudad, el curso de un río, el pico de una montaña, etc.), solamente podrá ser localizado si podemos, describirlo con relación a otro(s) objeto(s) cuya posición sea previamente conocida, o determinando su localización en una red coherente de [coordenadas](#).

La primera posibilidad es utilizar un sistema de [coordenadas geográficas](#), el sistema universal para la localización de puntos sobre la superficie terrestre. Usa una superficie esférica de 3 dimensiones llamada elipsoide

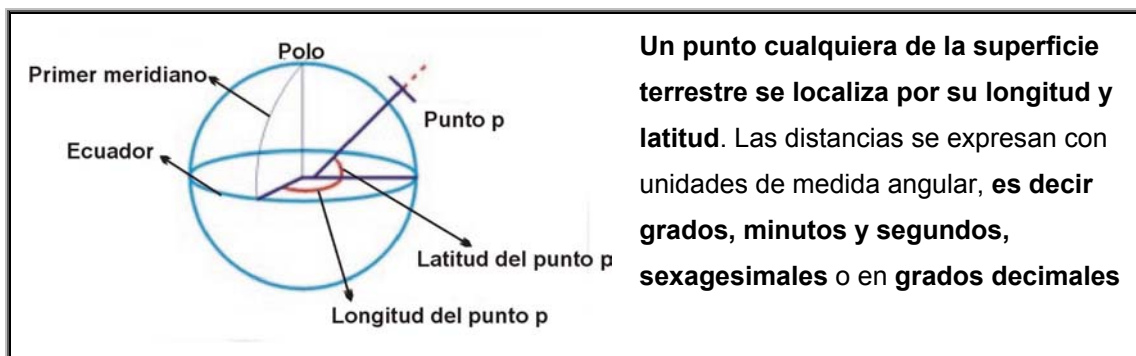


Sobre esta superficie es muy sencillo trazar una serie de anillos imaginarios paralelos al Ecuador, llamados [paralelos](#) y una serie de círculos perpendiculares a los mismos que convergen en los polos, llamados [meridianos](#).

Sobre este sistema esférico, se trazan líneas **paralelas** o de igual latitud y líneas verticales de dirección Norte-Sur de igual longitud, denominadas **meridianos**. Estas forman una grilla a la cual se hace referencia para localizar un punto sobre la superficie terrestre.

La línea de latitud media entre los polos se denomina **Ecuador**. Es conocida como la línea de latitud 0. La línea de longitud 0, también conocida como **Primer Meridiano o Meridiano de Origen**, pasa por Greenwich, Inglaterra.

El origen de la grilla (0, 0), se ubica en el lugar donde el Ecuador corta al Primer Meridiano.



**Longitud:** distancia angular que hay entre un punto terrestre al Este u Oeste del Primer Meridiano. Varía entre  $180^\circ$  al Este  $-180^\circ$  al Oeste.

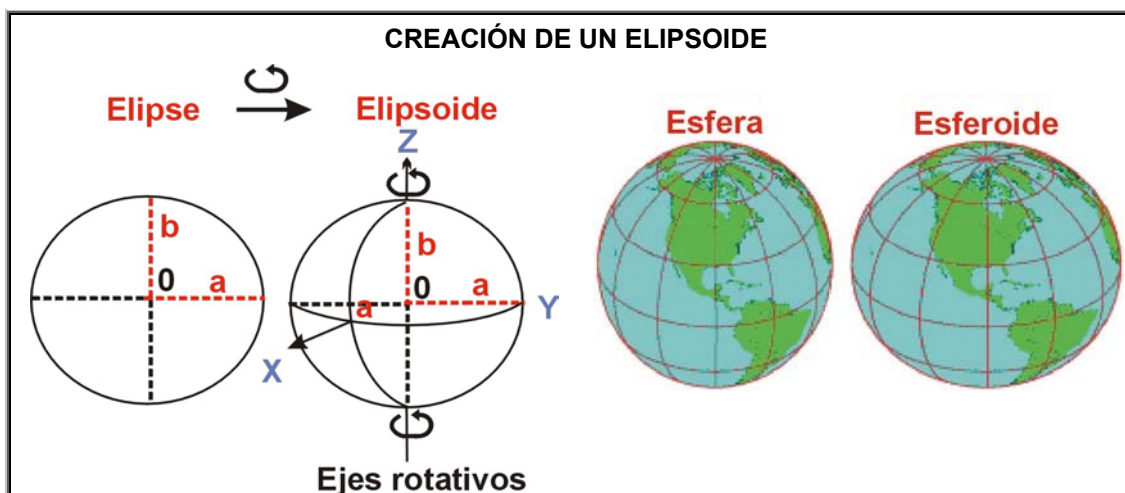
**Latitud:** distancia angular que hay entre un punto terrestre al Norte o Sur del Ecuador. Oscila entre  $90^\circ$  Norte y  $90^\circ$  Sur. En cualquier punto de la tierra la distancia cubierta por un grado de latitud es aproximadamente 111 kilómetros.

## 1.2. Elipsoides y Esferas

Hasta aquí, el problema sería sencillo si la tierra fuera una esfera, pero infortunadamente no es redonda. Se ensancha hacia el Ecuador. Pero no solo eso, ni siquiera es un cuerpo regular achatado.

**La forma real de la tierra, que es irregular, se denomina geoide.** Dado que los cálculos de posicionamiento, distancias, etc. se resuelven matemáticamente, debe usarse como base un **cuerpo geométrico definido**, que permita esos cálculos. Para ello se usa un **elipsoide**, porque es el cuerpo que mejor se parece al geoide.

El [elipsoide](#) es una forma de 3 dimensiones similar a una esfera. Mientras que la esfera se crea rotando un círculo alrededor de un eje, un elipsoide se crea rotando una elipse.



**DEFINICIÓN DE UN ELIPSOIDE**

**Polo**

**Ecuador**

**Radio polar = b**  
**Radio ecuatorial = a**  
**Aplastamiento =  $f = \frac{a-b}{a}$**

El elipsoide se define de dos maneras:

- Por la longitud de los radios mayor (ecuatorial) y menor (polar)
- Por la longitud del radio mayor y el nivel de aplastamiento (relación entre el radio ecuatorial y radio polar).

Diferentes países han adoptado referencias a diversos elipsoides ya que determinado elipsoide que es bueno para determinada área o país, no se adapta a otra área geográfica. Por otra parte, en un mismo país se encuentran referencias a diferentes elipsoides ya que los países reemplazan habitualmente sus elipsoides antiguos por definiciones más actuales. En el caso argentino, el elipsoide utilizado desde 1924 hasta 1998 fue el Internacional de 1909, que fue reemplazado posteriormente por el WGS 84.

**DIFERENTES ELIPSOIDE**

**Selected Reference Ellipsoids**

Ellipse	Semi-Major Axis (meters)	1/Flattening
Airy 1830	6377563.396	299.3249646
Bessel 1841	6377397.155	299.1528128
Clarke 1866	6378206.4	294.9786982
Clarke 1880	6378249.145	293.465
Everest 1830	6377276.345	300.8017
Fischer 1960 (Mercury)	6378166.0	298.3
Fischer 1968	6378150.0	298.3
G R S 1967	6378160.0	298.247167427
G R S 1975	6378140.0	298.257
G R S 1980	6378137.0	298.257222101
Hough 1956	6378270.0	297.0
International	6378388.0	297.0
Krasovsky 1940	6378245.0	298.3
South American 1969	6378160.0	298.25
WGS 60	6378165.0	298.3
WGS 66	6378145.0	298.25
WGS 72	6378135.0	298.26
WGS 84	6378137.0	298.257223563

**Fuente:** Peter H. Dana

Resumiendo, hay un concepto que es básico recordar: existen diferentes mediciones de longitud y latitud de una misma posición de la tierra en función de la formula seleccionada para definir la forma de la Tierra. Les doy un ejemplo: las diferentes coordenadas de la Estrella de la Libertad.



**DIFERENTES COORDENADAS DE UN MISMO PUNTO EN FUSIÓN AL ELIPSOIDE DE REFERENCIA**

**The Austin Capitol Dome Liberty Star Horizontal Control Station  
(The star in the hand of the Goddess of Liberty)**

Datum	Coordinate System	Coordinates	Units
NAD-83	Geodetic Latitude, Longitude	30:16:28.82 N, 97:44:25.19 W	deg:min:sec
NAD-27	Geodetic Latitude, Longitude	30:16:28.03 N, 97:44:24.09 W	deg:min:sec
WGS-72	Geodetic Latitude, Longitude	30:16:28.68 N, 97:44:25.75 W	deg:min:sec
NAD-83	UTM Easting, Northing, Zone	621160.98, 3349893.53 14 R	meters
NAD-27	UTM Easting, Northing, Zone	621193.18, 3349688.21	meters
NAD-83	Military Grid Reference System	14RPU2116149894	meters
NAD-27	Military Grid Reference System	14RPJ2119349688	meters
NAD-83	State Plane, TX C 4203 Easting, Northing	949465.059, 3070309.475	meters
NAD-27	State Plane, TX C 4203 Easting, Northing	2818560.55, 230591.76	feet
NAD-83	State Plane, TX SC 4204 Easting, Northing	721201.977, 4271229.432	meters
NAD-27	State Plane, TX SC 4204 Easting, Northing	2397741.25, 889749.98	feet
WGS-72	World Geographic Reference System	FJHA1516	deg. and min.
	VOR-DME Bearing, Distance, VOR ID	230.46, 2.271, 114.6 Ch.93 AUS	deg, nmi, id
	Loran-C GRI 7980 W, X, Y, Z TDs	10998.9, 24795.0, 47040.8, 63982.3	microsec.
	U.S. Postal Zip Code (5-digits)	78705	

**One Location Described by Different Coordinate Systems**  
P. H. Dana 8/20/9

Fuente: Peter H. Dana

### 1.3. Datum

Pero todavía no terminaron las dificultades.

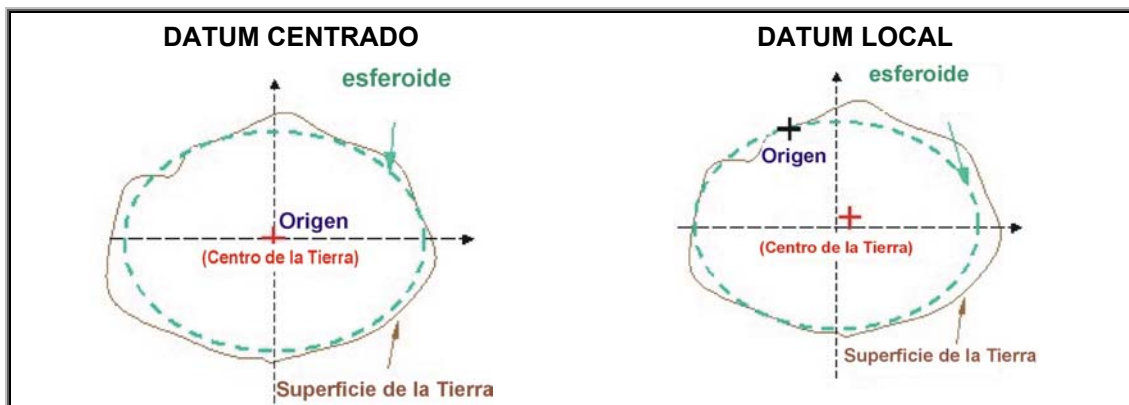
Cada región o país, **trata de que la superficie del elipsoide coincida con la del [geoide](#)** en la mayor extensión posible de su territorio. Pero lo que sucede habitualmente es que al tratar de hacer coincidir estas superficies, el **centro del elipsoide se desplaza** un poco respecto del centro del geoide.

El ajuste se realiza determinando un punto del territorio, **llamado punto fundamental**, donde se hace que la vertical del geoide coincida con la normal al elipsoide.

A este elipsoide se lo **llama elipsoide de referencia** y al conjunto de todos estos datos, **Datum**.

Se puede diferenciar en dos tipos de Datum:

- **Centrados y coincidentes con el centro de masa de la Tierra.** El **WGS 1984**, es ampliamente usado y sirve para mediciones en el ámbito mundial. La definición del mismo parte de las mediciones realizadas por los satélites en los últimos años.
- **Locales:** son los que se utilizan para hacer corresponder el geoide con el elipsoide en determinada localización geográfica.



Antes del GPS los Datum eran **referencias locales**, pero a partir del GPS se pudo crear un **Datum universal** y se adoptó un **elipsoide geocéntrico** cuyo punto fundamental es el centro de la tierra. Por este motivo, casi toda la cartografía existente de Argentina esta basada en Datum Campo Inchauspe. Recién las nuevos mapas se basan en POSGAR o sea WGS84.

Resumiendo, cada Datum esta compuesto por:

a) un **elipsoide**

b) por un **punto llamado "Fundamental"** en el que el elipsoide y la tierra son tangentes. De este punto se han de especificar longitud, latitud y el acimut de una dirección desde él establecida. En el punto Fundamental, las verticales de elipsoide y tierra coinciden. También coinciden las coordenadas astronómicas (las del elipsoide) y las geodésicas (las de la tierra).

Definido el Datum, ya se puede elaborar cartografía, pues se tienen los parámetros de referencia.

### SITUACIÓN EN NUESTRO PAÍS

Si bien en nuestro país hubo sistemas aislados tales como CASTELLI, IGLESIA FLORES, CHOS MALAL, QUIÑI HUAO, AGUARAY, PAMPA DEL CASTILLO, etc., a partir de la aplicación de la Ley de la Carta (década 1940), se estableció el Sistema Geodésico **INCHAUSPE** como oficial en todo el territorio nacional. Este sistema, perfeccionado en 1969, fue el fundamento de los trabajos geodésicos y cartográficos argentinos hasta la actualidad.

La evolución de las tecnologías de posicionamiento satelitario, particularmente el Sistema de Posicionamiento Global GPS, llevó a concebir el proyecto **POSGAR (POSiciones Geodésicas ARGENTINAS)** con el objeto de reemplazar el sistema Inchauspe, que es un sistema que, como todos los sistemas locales no geocéntricos, no se adapta a los nuevos conceptos de posicionamiento.

A principios de 1993 se midió con este propósito una red GPS con muchos puntos comunes con la triangulación fundamental anterior.

La medición la realizó el IGM en dos campañas a lo largo de los años 1993 y 1994 con equipos geodésicos marca Topcon GPR1D y Trimble serie 4000 SSE.

El procesamiento de la información fue realizado por el Observatorio de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata con la colaboración del IGM durante el año 1995.

Actualmente la red está siendo reprocesada para ajustarla a una red de orden superior denominada **SIRGAS** (**S**istema de **R**referencia **G**eodésico para **A**mérica del **S**ur), que abarca toda Sudamérica.

A los fines prácticos, los puntos POSGAR constituyen la mejor versión nacional de puntos materializados y expresados en el sistema WGS 84.

### **Relaciones entre los sistemas POSGAR 94 e INCHAUSPE 69**

Las recomendaciones que a continuación se enumeran se han redactado con el objeto de aclarar conceptos en una época de transición en la que coexisten ambos sistemas.

1. POSGAR 94 es un sistema calculado basándose en el elipsoide WGS 84 (sistema y elipsoide), mientras que INCHAUSPE 69 tiene como elipsoide de referencia el **Internacional de 1924**.
  2. Los orígenes de POSGAR e INCHAUSPE son diferentes, por lo que las coordenadas de un mismo punto en un sistema y otro pueden tener diferencias de hasta unos 100 metros o más, cuyo valor depende de la ubicación del punto.
  3. Coexisten coordenadas planas Gauss-Krüger correspondientes a Datum Campo Inchauspe 69 y coordenadas planas Gauss-Krüger correspondientes a Datum WGS 84, calculadas a partir de los sistemas Inchauspe y POSGAR, respectivamente. En ellas, además de la diferencia de la ubicación y orientación de los sistemas, se reflejarán las variaciones de parámetros elipsóidicos.
  4. Las discrepancias que se manifiestan entre las coordenadas geodésicas (latitud/longitud) homónimas de un mismo punto al referirlo a uno y otro sistema, si se las tradujera a metros, serían también distintas de las que separan a las respectivas coordenadas planas (X/Y) calculadas en cada uno de ellos a partir de las primeras,
- **Para mayor información:**  
<http://www.efn.uncor.edu/esc/agrim/Estgeo.htm>
  - **Conversión de Coordenadas Geodésicas**  
[http://www.uco.es/~bb1rofra/documentos/conversioncoordenadas/cambio\\_coordenada.html](http://www.uco.es/~bb1rofra/documentos/conversioncoordenadas/cambio_coordenada.html)
  - **WGS84**  
[http://home.online.no/~sigurdhu/WGS84\\_Eng.html](http://home.online.no/~sigurdhu/WGS84_Eng.html)  
[http://home.online.no/~sigurdhu/Grid\\_1deg.htm](http://home.online.no/~sigurdhu/Grid_1deg.htm)

## 2. DE LA ESFERA AL PLANO

### 2.1. Coordenadas Cartográficas

Todo lo mencionado hasta aquí se refiere al posicionamiento de un punto en la superficie terrestre. No estamos hablando de mapas, planos o cartas. Por eso no se mencionan **proyecciones**. Estas se usan para trasladar las posiciones tridimensionales de la tierra a un plano que es la carta.

Se puede definir un sistema coordenado plano diciendo que es una grilla sobre la cual se puede dibujar un mapa en dos dimensiones. La elaboración del mismo requiere un método por el cual se hace corresponder a cada punto de la Tierra con un punto en el mapa. Para obtener esa correspondencia, se utilizan las [proyecciones cartográficas](#).

Pero el pasaje de un elipsoide a un plano, no es más sencillo que los procedimientos necesarios para aplastar la cáscara de una naranja a un plano. En ambos casos, se producen deformación en la forma, área, dirección o la distancia.



En general determinadas proyecciones mantienen constantes algunos atributos para zonas pequeñas y localizadas. La elección de determinada proyección esta en función de los objetivos del proyecto y de las propiedades que se desea preservar.

Es importante comprender estos conceptos para no cometer errores conceptuales usando GIS: por ejemplo tratar de medir un área en una proyección donde el área no es constante (esto me recuerda al colegio primario y a una pregunta que para mi tenia una sola respuesta posible ¿Cuál es el país más grande del mundo?)

**Proyección conforme:** es aquella en que para cualquier parte de la tierra, de no mucha extensión, la forma es la misma en la esfera que en el plano. Es decir un rectángulo en la esfera esta representado por un rectángulo en el mapa. Para preservar los ángulos individuales que conforman la relación espacial de una forma, las líneas de la grilla que se interceptan a  $90^\circ$  en la esfera, se deben reproducir en el plano. El problema es que las deformaciones que se produce es grande por lo cual ninguna proyección puede preservar forma en grandes áreas.

**Proyección Equivalente (Equal Area):** es aquella cuando una zona o extensión cualquiera, grande o pequeña, tiene la misma superficie en el plano que en la esfera a igualdad de escala. En definitiva, conservan las relaciones de superficie (no hay deformación de área). En estas proyecciones en general paralelos y meridianos no se interceptan en ángulo recto en el plano.

**Proyección Equidistante:** es aquella que conserva las proporciones entre las distancias, en determinadas direcciones, en la superficie representada. Aunque la escala no se mantiene en todo el mapa, hay para algunas líneas del mapa donde esta se conserva correctamente: por ejemplo en la proyección Sinusoidal, en el Ecuador y todos sus paralelos se preserva la escala. Deben recordar que en ninguna de estas proyecciones las distancias son verdaderas entre todos los puntos de un mapa: sólo en algunos.

**Proyección Azimutal:** es aquella que conserva las direcciones. Nuevamente deben recordar que no entre todos los puntos del mapa sino solamente entre los puntos y el centro del mapa. alguna de estas proyecciones puede ser a su vez conforme, equidistante o equivalente.

## 2.2. Tipos de proyecciones

Para la realización del pasaje de la esfera al plano, son varios los métodos que se adoptan y que difieren en la [superficie de proyección](#) adoptada:

### Proyección Cónica

El método más sencillo consiste en rodear la esfera con un **cono**, para cortar posteriormente el cono a lo largo de su generatriz y extenderlo sobre el plano. Estas proyecciones se caracterizan por tener paralelos circulares y meridianos radiales. En la proyección cónica simple las dimensiones son verdaderas sobre el [paralelo estándar](#) (el paralelo donde el cono es tangente con la superficie de la esfera) y sobre todos los meridianos. En general a medida que nos alejamos del paralelo estándar mayores son las deformaciones, por lo cual habitualmente se descarta la porción del cono superior o la región polar de los datos proyectados.

El meridiano opuesto a la línea de corte se denomina **meridiano central**.

Estas proyecciones son usadas para áreas de latitud media con mayor proporción sobre el eje Este-Oeste que el Norte-Sur.



**Proyección Cilíndrica**

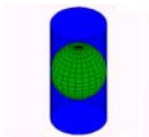
Otra posibilidad consiste en rodear la esfera con un **cilindro** y proyectar los paralelos y meridianos sobre el mismo. Cortando posteriormente el cilindro a lo largo de una generatriz y extendiéndolo sobre el plano se obtendrá un sistema de meridianos y paralelos sobre el que puede dibujarse el mapa.

Las proyecciones así obtenidas tienen la totalidad de la información de la Tierra en una superficie continua. En esta proyección los meridianos son rectas verticales equidistantes y los paralelos son perpendiculares a los meridianos. Mientras la distancia entre meridianos se mantiene, la distancia entre paralelos se acorta a medida que nos acercamos a los polos.

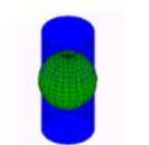


La superficie de proyección puede estar alineada de diferentes formas con la superficie esférica de la Tierra.

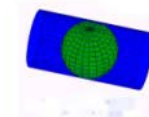
Cuando el cilindro es tangente a la esfera a lo largo del círculo mayor (el círculo que genera al cilindro converge con el plano que pasa por el centro de la Tierra). Esta proyección es denominada **Normal**



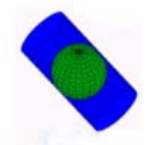
Cuando el cilindro toca la esfera a lo largo de dos líneas, ambos círculos pequeños (el círculo que genera al cilindro se encuentra con un plano que no atraviesa el centro de la Tierra). Esta proyección es denominada **Secante**



Cuando el cilindro donde la Tierra es proyectada esta en ángulo recto con los Polos. Esta proyección es denominada **Transversa**



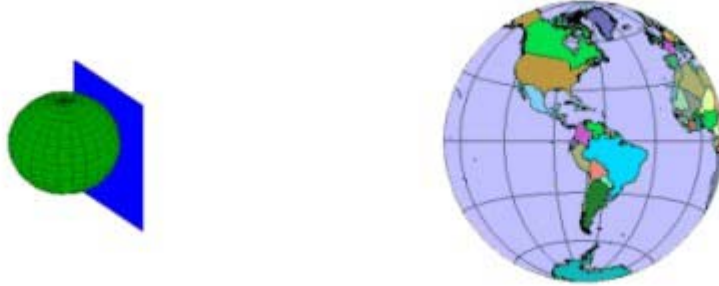
Cuando el cilindro no esta en ángulo ortogonal con los polos. Esta proyección es denominada **Oblicua**





### Proyecciones Planas

La **proyección plana** resulta de proyectar la superficie terrestre en un plano que corta el globo. Esta proyección sólo permite ver parte de la Tierra.



De acuerdo con la posición del plano la proyección puede ser:

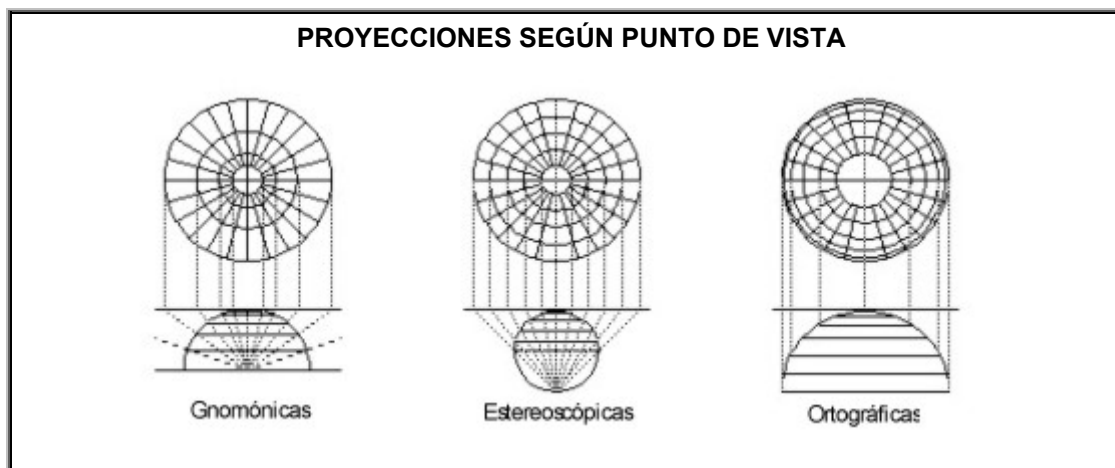
- **Polar** (cuando el plano es perpendicular al eje de la tierra),
- **Ecuatorial** (cuando el plano es perpendicular al plano del Ecuador)
- **Oblicuo o horizontal** (cuando el plano tiene una posición cualquiera).



De la misma manera el mapa puede estar proyectado desde diferentes perspectivas.

- Las proyecciones **Gnomónicas** tienen el punto de vista en el centro de la Tierra.
- Las **Estereoscópicas** tienen el punto de vista en el punto opuesto del globo (en la antípoda del plano en el cual se proyecta)
- Las **Ortográficas** tiene el punto de vista en el infinito. Los rayos de proyección son así perpendiculares al plano de proyección.





### 3. Sistema Gauss-Krüger

Se la conoce también como Mercator Transversa. El sistema Gauss-Krüger es el sistema geométrico de referencia empleado para expresar numéricamente la posición geodésica de un punto sobre el terreno en Argentina.

Desde este punto de partida, la ubicación de un punto se establece en relaciones de distancia a una grilla. Es representado por dos números: uno correspondiente a la distancia al eje x y otro asociado a la distancia al eje y.

Se utiliza un **cilindro transverso** como superficie de proyección donde se define un meridiano central como lugar de contacto con la tierra (en lugar del Ecuador). El resultado es una proyección conforme que no mantiene las direcciones. A lo largo del meridiano central no se observan deformaciones.

En el caso argentino se definen 7 **ejes** para reducir las deformaciones lineales por lo cual la República Argentina queda dividida en 7 **fajas** meridianas numeradas del 1 al 7 desde el Oeste hacia el Este.

Cada faja mide 3° de ancho. Los meridianos centrales de cada faja coinciden con los meridianos -72°, -69°, -66°, -63°, -60°, -57° y -54°

El meridiano central de cada faja, en la que se divide el territorio, constituye el eje a partir de la cual se define la posición horizontal de un punto.

**Eje Vertical:** coincide con el Polo Sur, que constituye el eje de partida a partir del cual se define la posición vertical de un punto, midiendo la distancia en metros.

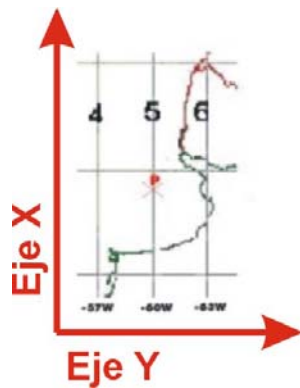


En las fajas, y con el objetivo de evitar el signo negativo de los valores situados al Oeste del meridiano central, se atribuye a cada meridiano central el valor arbitrario de 500.000, en lugar de 0.

A este numero se le antepone el numero de faja que le corresponde, así a la faja 1, cuyo meridiano central es el -72, le corresponde la coordenada 1.500.000 para el falso Este o sea el eje horizontal. Para la faja 2, cuyo meridiano central es el -69, le corresponde la coordenada 2.500.000.

FAJAS DEL SISTEMA GAUSS-KRÜGER		
Faja N°	Meridiano central en coordenadas geográficas	Meridiano central en coordenadas Gauss-Krüger (Valores ordenadas Y)
1	-72°	1.500.000
2	-69°	2.500.000
3	-66°	3.500.000
4	-63°	4.500.000
5	-60°	5.500.000
6	-57°	6.500.000
7	-54°	7.500.000

A estas coordenadas se las denomina también “coordenadas de cuadrículas” por el cuadrículado en que se apoya el sistema de proyección.



En forma inversa que en la geometría, en **topología** se llama **abscisa X** a la distancia tomada sobre el eje vertical; y **ordenadas Y** a la distancia tomada sobre el eje horizontal.

Para comprender mejor estos conceptos, se propone analizar los siguientes ejemplos:

<b>LOCALIZACIÓN DEL PUNTO P</b>	
	<p><b>Si punto P tiene las siguientes coordenadas</b></p> <p>X = 6.000.053 Y = 5.500.000</p> <p>Significa que el punto P se halla a 6.000.053 metros del Polo Sur</p> <p>Por otra parte, se halla sobre el eje del Meridiano central de la faja 5 que corresponde el meridiano -60°.</p>
	<p><b>Si punto P tiene las siguientes coordenadas</b></p> <p>X = 6.000.053 Y = 5.053.000</p> <p>Significa que el punto P se halla a 53.000 (5.653.000 - 5.500.000) metros al Este de la proyección del Meridiano central de la faja 5.</p>
	<p><b>De la misma manera, si un punto P tiene las siguientes coordenadas</b></p> <p>X = 6.000.053 Y = 5.460.000</p> <p>Significa que el punto P se halla a 40.000 (5.500.000 - 5.460.000) metros al Oeste de la proyección del Meridiano central de la faja 5.</p>

#### 4. Resumiendo

- La elección de la proyección esta en función de los parámetros que se quieren preservar.
- Si tratan de superponer dos mapas en diferentes proyecciones (o en la misma proyección pero con diferentes parámetros) no lograrán que las capas de información se superpongan.
- Conocer la proyección del mapa no es información suficiente para poder definir el sistema coordinado. Necesitamos conocer determinados parámetros:

**Parámetros lineales:**

- **Falso Este:** un valor lineal aplicado al origen de los valores x. Este valor se aplican habitualmente para conseguir que los valores sean positivos. En el caso Argentino, 500.000 para el eje de la faja. A este número se le antepone número correspondiente a cada faja
- **Falso Norte:** un valor lineal aplicado al origen de los valores y. Su valor es cero porque la grilla parte del polo Sur.
- **Factor de Escala:** valor usualmente menor que 1 que convierte una proyección tangente en una secante. Si el sistema de referencia no tiene un valor de escala, se entiende que esta es igual a 1. Se utiliza este parámetro para disminuir las distorsiones generales de la proyección.

**Parámetros Angulares:**

- **Azimut:** Dirección medida en grados respecto del Norte. Define la línea central de la proyección.
- **Meridiano central o longitud de origen:** define el origen de los valores x. En el caso Argentino, el meridiano central de cada faja.
- **Paralelo central o latitud de origen:** define el origen de los valores y. En el caso Argentino,  $-90^\circ$ , el Polo Sur.

Y por ultimo, las fórmulas de conversión entre proyecciones están claramente establecidas, pero además en general el GIS tiene esta función incorporada y realiza este procedimiento sin necesidad de que conozcamos estas complicadas fórmulas.

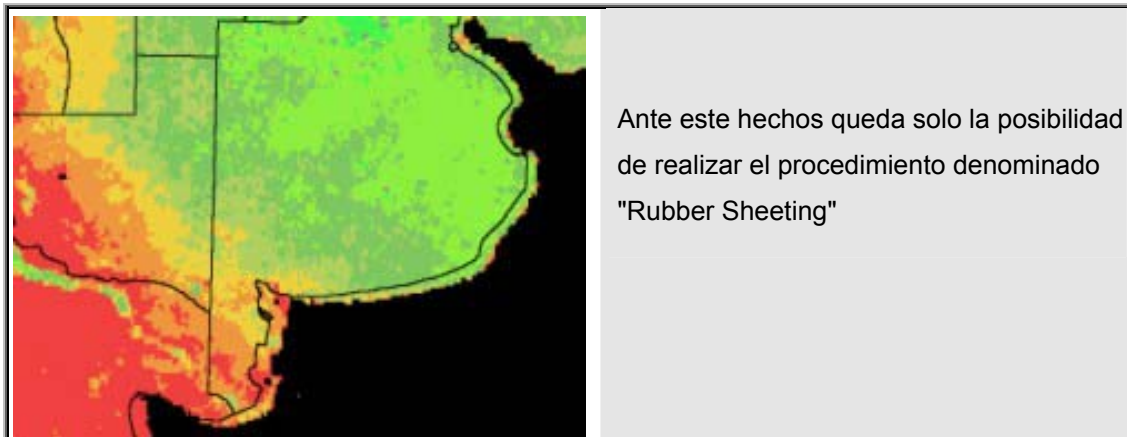
## 5. Rubber Sheeting

**Definición:** RUBBER-SHEETING (*AJUSTE DE GOMA ELÁSTICA*).

1. Procedimiento de ajuste por el que se hacen coincidir los elementos de un mapa con los de otro.
2. Algoritmo de deformación que fuerza a los puntos de control distribuidos en un mapa a coincidir con los correspondientes puntos en un mapa más fiable.

Lamentablemente no siempre la información sobre la proyección de un mapa esta disponible. Por lo cual la superposición de dos capas de información de diferente origen no siempre es posible.

Lo aconsejable en estos casos es realizar intentos de prueba y error hasta hacer coincidir las capas de información. Pero en muchos casos esto no se logra.



[Rubber Sheeting](#) es el procedimiento de ajuste por el cual se hace coincidir un mapa con otro. En definitiva es una [conversión de la proyección](#) de un mapa a la proyección del [mapa de base](#).

Este proceso puede ser identificado con el que se necesita para aplanar una media pelota de tenis con clavos, martillo y mucha fuerza.

El primer paso consiste en encontrar puntos en común entre los dos mapas. Se los denomina [puntos de control](#),

A partir de estos puntos de control, se aplasta el mapa para hacerlo coincidir exactamente con el mapa de base en los puntos de control. La tensión que se genera se distribuye en toda la superficie a proyectar de forma que se acomodan los restantes puntos.

## GLOSARIO

- **Conversión de la Proyección:** el proceso de transformación de los datos espaciales de un sistema de proyección a otro.
- **Coordenadas Geográficas:** la locación y descripción de características geográficas, la composición de datos espaciales y descriptivos
- **Coordenadas:** Cantidad usada para definir una posición en un sistema de referencia, las coordenadas pueden ser lineales (cartesianas) o angulares (esféricas), según el sistema de referencia.
- **Datum:** sistema geométrico de referencia empleado para expresar numéricamente la posición geodésica de un punto sobre el terreno: cada datum se define en función de un elipsoide y por un punto en el que el elipsoide y la Tierra son tangentes.
- **Elipsoide de Referencia:** descripción simplificada de la forma y dimensiones de la Tierra. Los elipsoides se definen en función de un radio ecuatorial y de un radio polar.
- **Mapa de base:** el mapa utilizado como base para la digitalización o escaneado de los datos.
- **Meridianos:** la mitad de un círculo máximo que va del polo norte al polo sur, formando una línea de longitud y cortando el ecuador en ángulo recto.
- **Meridiano Central:** meridiano que, convencionalmente se toma como origen para determinar, al Este o al Oeste, la longitud Geográfica de cada punto de la Tierra. En algunas proyecciones éste es el único meridiano que se visualiza en línea recta.
- **Paralelo:** línea geométrica en la que quedan representados todos los puntos de la superficie terrestre que se hallan a igual distancia angular del norte y del sur del Ecuador, constituyendo una línea paralela a éste (una línea de latitud). Los paralelos son círculos menores obtenidos por la intersección de un plano perpendicular al eje del elipsoide, siempre van en dirección E-O.
- **Paralelo estándar:** un paralelo que marca la línea en la que la superficie de proyección corta o toca la superficie del globo. A lo largo de esta línea no hay distorsiones de escala.
- **Proyecciones Cartográficas:** conjunto de transformaciones métricas definidas para representar la superficie de la Tierra sobre un plano. Existe un gran número de proyecciones, cada una de las cuales posee propiedades diferentes en cuanto a las métricas del objeto real y su representación plana; por ejemplo, en una proyección conforme se conservan los ángulos y en una equivalente se conservan las superficies.
- **Puntos de control:** puntos de referencia utilizados durante la digitalización para definir la relación entre las coordenadas digitalizadas y las coordenadas geográficas.
- **Rubber sheeting:** un proceso de conversión de la proyección y de registro en el que las coberturas se ajustan automáticamente mediante líneas o puntos de enlace
- **Superficie de proyección:** la superficie sobre la que se proyecta el mapa. Generalmente se define como un plano, cono o cilindro.