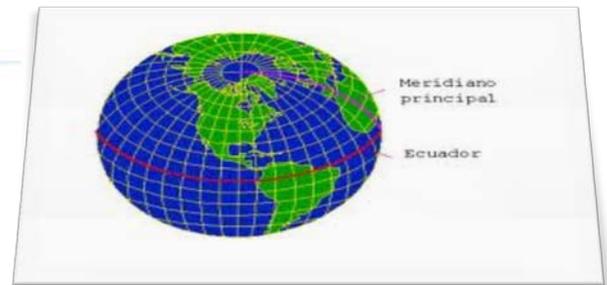


# Sistemas de referencia y coordenadas

## Arcgis 10



La localización de los lugares en la superficie terrestre y su representación sobre un plano requieren de dos procesos distintos: en primer lugar, la construcción de un sistema de coordenadas geodésicas, también denominado de coordenadas geográficas, que asuma unas dimensiones bien definidas de la Tierra y, en segundo lugar, la elección de un tipo de proyección que transforme su superficie tridimensional en plana. Los sistemas de coordenadas y las proyecciones serán los dos temas a tratar en este manual, pero desde el enfoque de Arcgis 10, por lo que se requieren conocimientos claros sobre las definiciones y conceptos tratados en este documento. Todo el software utilizado en la realización de este manual es gratuito o de evaluación en modo de prueba. Los pasos sugeridos se basan en procedimientos propios adquiridos con la experiencia en el manejo del software.

Conceptos  
básicos y  
Manual paso a  
paso con  
imágenes



Este documento está protegido bajo una Licencia **Creative Commons**, Usted es libre de: (1) copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra (2) hacer obras derivadas, Bajo las condiciones siguientes: Reconocimiento. Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador. No comercial. No puede utilizar esta obra para fines comerciales. Compartir bajo la misma licencia. Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta. (1)Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra. (2)Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.

# Introducción

---

Este manual cumple con el objetivo de explicar, a través de un paso a paso con imágenes y textos, la manera de definir un sistema de referencia y proyección a las coberturas o datos, utilizando el software Arcgis 10. Se entiende por lo tanto que el usuario posee un conocimiento básico de las herramientas utilizadas y sus comandos más importantes.

El software utilizado en los ejercicios y ejemplos se encuentran en “modo de prueba” y los datos han sido creados por el autor, por lo tanto no se hace responsable por la utilización de este manual para otros fines que no sean educativos.

También se puede realizar este proceso con el software Autocad Civil 3D Map, cuyos pasos básicos se trataran de explicar en el anexo 1, aunque no es el software a tratar en este manual.

## Contenido del manual

---

Conceptos básicos.....	2
Concepto 1. Los Sistemas de Coordenadas Geográficas.....	2
Concepto 2. Líneas de referencia del globo terrestre. Unidades de medida.....	2
Concepto 3. El Geoide. ....	3
Concepto 4. El Elipsoide. ....	3
Concepto 5. Relación Geoide – Elipsoide: El Datum. ....	4
Concepto 6. Sistemas de proyección de Coordenadas .....	5
Concepto 7. Clasificación de las proyecciones según su origen .....	6
Procedimiento. Arcgis10 y los Sistemas de referencia.....	8
Caso 1. Definición de unidades y espacio de trabajo del proyecto.....	8
Paso 1.1. Definir el tipo de unidades del mapa y de la visualización.....	9
Caso 2. Conocer y definir el sistema de coordenadas y proyección a los datos.....	11
Paso 2.1. Determinar si un dato tiene definido el sistema de coordenadas.....	12
Paso 2.2. Definir un sistema de coordenadas y proyección a un dato. ....	13
Caso 3. Proyecciones y transformaciones. ....	19
Caso 4. Proyecciones al vuelo .....	20
Anexo 1. Proyecciones en Autocad Map 2009.....	21
Paso A1.1 Asignación del Sistema de Referencia al dibujo.....	21
Paso A1.2 creación de un Sistema de Referencia nuevo .....	22
Paso A1.3 Ver el Sistema de referencia de un dato .....	23
Anexo 2. Sistemas de Coordenadas locales.....	24
Magna Cali.....	24
Cali –(CMT).....	25

# Conceptos básicos<sup>1</sup>

## Concepto 1. Los Sistemas de Coordenadas Geográficas.

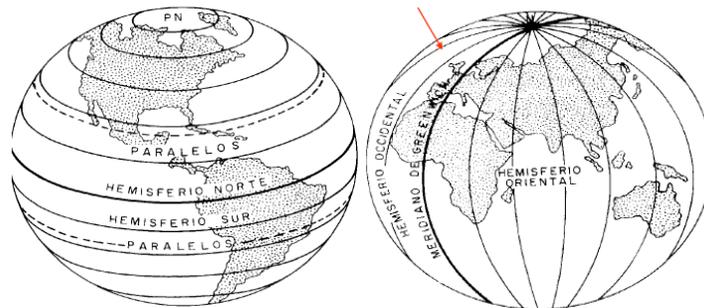
Si queremos ubicar varios puntos dibujados sobre un papel, lo único que debemos hacer es trazar un sistema de coordenadas cartesiano con dos ejes, pero si la superficie de papel estuviese curvada y arrugada, la construcción del sistema de coordenadas y su lectura supondrán un problema complejo: esta es la situación que nos encontramos cuando pretendemos medir posiciones sobre la superficie esférica e irregular de la tierra.

Las coordenadas geográficas van a definir un sistema de referencia tridimensional de localización en la superficie de la tierra. Para ello se requieren tres elementos:

1. Unidades de medida angulares desde el centro de la tierra (grados, radianes, etc.) que definan una red de meridianos y paralelos
2. La elección de un meridiano de origen, o primer meridiano (Greenwich en la mayoría de los casos)
3. La elección de un Datum que considere:
  - Un elipsoide<sup>2</sup> que defina el achatamiento terrestre.
  - Un geode<sup>3</sup> que defina la forma aproximada de la tierra.
  - Medidas que relacione el geode y elipsoide en un lugar concreto de la superficie terrestre.

## Concepto 2. Líneas de referencia del globo terrestre. Unidades de medida.

Un punto sobre la superficie terrestre está definido por sus valores de Latitud, Longitud y Altitud. La latitud y longitud son medidas angulares calculadas desde el centro de la tierra. La altitud lo será desde la superficie del geode. Para dar un sentido a la medida de los ángulos, se establecen planos de referencia que dividen la tierra horizontal y verticalmente.



El plano horizontal está marcado de forma natural por el Ecuador, y cualquier punto situado al norte o sur se medirá en grados positivos (N) o negativos (S) respectivamente con rango entre +90°N y -90°S.

<sup>1</sup> Tomado del libro: Sistemas y análisis de la información geográfica. Moreno Jiménez, Antonio, Editorial Alfaomega, 2006

<sup>2</sup> Superficie geoméricamente regular y matemáticamente operable para aproximarse al geode.

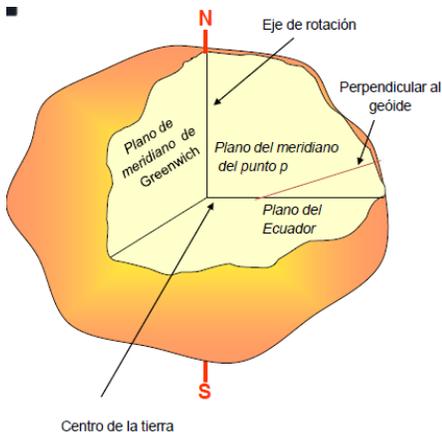
<sup>3</sup> Superficie equipotencial del nivel medio del mar, donde cualquier punto ha de ser perpendicular con la dirección de la gravedad.

## Sistemas de referencia y coordenadas Arcgis 10

El plano vertical es artificial (uno o varios según la nación a lo largo de la historia, estando generalizado en la actualidad el uso del establecido por el Observatorio Astronómico de Greenwich en Londres). Los grados hacia el Este o el Oeste del meridiano se medirán como grados de Longitud positiva o negativa respectivamente con un rango entre  $+180^{\circ}\text{E}$  y  $-180^{\circ}\text{O}$  (W).

Conviene decir que en SIG, es conveniente evitar signos negativos y grados sexagesimales por lo que es común transformaciones a grados decimales.

### Concepto 3. El Geoide.



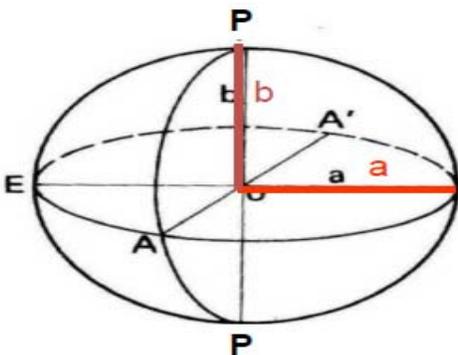
El sistema de coordenadas de la superficie de la tierra descrito puede ser representado sobre una supuesta esfera perfecta para facilitar así los cálculos, lo que es pertinente en muchas aproximaciones cartográficas, especialmente cuando se trabaja a escalas pequeñas o inferiores a  $1:5.000.000$ ; a estas escalas, las irregularidades en la forma de la tierra y las diferencias de altitud en su superficie son percibidas como insignificantes. Se considera que cada uno de los radios (semiejes) de la esfera terrestre mide  $6371\text{Km}$ .

Aunque las diferencias entre la forma real de la tierra y la de una esfera perfecta son relativamente pequeñas si consideramos la tierra en su conjunto, adquieren una importancia grande a escalas mayores de  $1:1.000.000$ , dando problemas de exactitud en la confección de mapas. Dos son las causas de estas divergencias:

- Achatamiento que ha sufrido la tierra en sus polos (más de  $21,5\text{ Km}$  en cada eje), como consecuencia entre otros motivos, de su constante giro.
- La desigual distribución de las masas terrestres, que afecta a la dirección de la gravedad, que es la que determina la horizontalidad y verticalidad de cada lugar, de las que dependen buena parte de las observaciones locales.

La forma que adquiere la tierra considerando estos factores ya no es la de una esfera sino mas bien la de un esferoide, pero cuya denominación fue Geoide por su forma extremadamente única.

### Concepto 4. El Elipsoide.



Para poder elaborar mapas con precisión se requiere de una superficie de referencia geoméricamente regular. Por ello, las observaciones sobre el Geoide se transfieren a la figura regular matemáticamente operable que más se le parece que es la del Elipsoide. (Elipse que gira alrededor de su eje menor). Llegados a este punto, conviene recordar que la creación de estas superficies potenciales es consecuencia de las dificultades que supone medir y conocer con precisión la forma exacta de la superficie terrestre.

Al no tener dos ejes iguales (como la esfera), la forma del elipsoide es definida mediante la relación entre los radios ecuatorial y polar (semiejes mayor y menor respectivamente). Existen diversas medidas del elipsoide debido a los intentos de muchas naciones por medir la longitud exacta de estos ejes y adaptar la curvatura del elipsoide a una superficie terrestre concreta (Bessel 1841, Clarke 1866, Hayford Int 1924, Wgs 1984, entre otros).

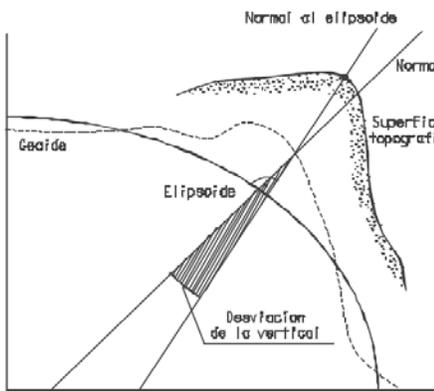
El conocimiento de las medidas del elipsoide en cada momento es imprescindible si se quieren hacer calzar cartografías realizadas con bases distintas. Se define el índice de achatamiento  $f$  como una fracción decimal de la diferencia de longitud de los dos ejes, con el fin de hacer comparables las diversas mediciones sobre estos semiejes.

$$\frac{1}{f} = \frac{\text{semieje}_{\text{mayor}} (a) - \text{semieje}_{\text{menor}} (b)}{\text{semieje}_{\text{mayor}} (a)}$$

Elipsoide	año	longitudes ( metros)		Achatamiento	uso local
		semieje a	semieje b		
WGS 84	1984	6.378.137	6.356.752,3	1/298.257	universal
GRS 80	1980	6.378.137	6.356.752,3	1 / 298.257	U.S. A
WGS 72	1972	6.378.135	6.356.750,5	1 / 298.26	U.S. A
Krasousky	1940	6.378.245	6.356.863,0	1 / 298.30	RUSIA
Internacional	1924	6.378.388	6.356.911,9	1 / 297	Col, Europa
Clarke 80	1880	6.378.249	6.356.514,9	1 / 293,46	Norte
Clarke 66	1866	6.378.206,4	6.356.514,8	1 / 294,98	Africa

Tabla de elipsoides mundiales. Tomada de REFERENCIAS Y PROYECCIÓN EMPLEADAS EN LA CARTOGRAFÍA COLOMBIANA, Pedro Karin Serrato Álvarez.

### Concepto 5. Relación Geoide - Elipsoide: El Datum.



Mientras que en la esfera utilizamos latitudes y longitudes **geográficas**, en el elipsoide serán **geodésicas** y en el geoide **astronómicas**. Como las coordenadas geográficas, geodésicas y astronómicas no coinciden, es necesario disponer de un punto en el que se midan estas diferencias con precisión para poder así hacer matemáticamente operables las medidas realizadas sobre el terreno.

Cada sistema de referencia local dispone de un punto en donde se han hecho coincidir las verticales de las coordenadas astronómicas y geodésicas del geoide y del elipsoide: a ese punto se le denomina **Datum** y agrupa un conjunto de referentes que sirven para dar coherencia a todas las medidas tomadas sobre un determinado territorio. En cualquier otro punto, las coordenadas diferirán y las verticales no serán coincidentes, pero formaran un ángulo, denominado

## Sistemas de referencia y coordenadas Arcgis 10

desviación relativa de la vertical, que será utilizado para realizar la transformación de coordenadas entre geoide y elipsoide.

Los valores de las coordenadas varían cuando se cambia el Datum. Por ejemplo, las coordenadas de un mismo punto geodésico en Redlands -California (Estados Unidos), presentan las siguientes variaciones:

NAD 83: 117° 12' 57".75961 de longitud W y 34° 01' 43".77884 de latitud N  
NAD 27: 117° 12' 54".61539 de longitud W y 34° 01' 43".72995 de latitud N

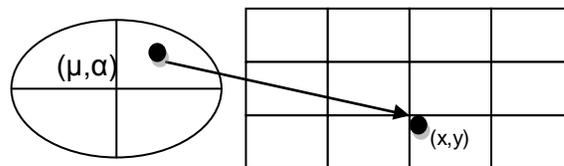
### Magna – Sirgas:

**Datum MAGNA-SIRGAS = Elipsoide GRS-80 + MAGNA**

El elipsoide GRS-80 tiene las mismas especificaciones que el elipsoide WGS-84 (ver tabla 1) de tal manera que su uso práctico es el mismo. La sigla MAGNA traduce: Marco Geocéntrico Nacional de Referencia.

## Concepto 6. Sistemas de proyección de Coordenadas

Todo lo relativo a sistemas de coordenadas terrestres, ya sean coordenadas geográficas, geodésicas o astronómicas, lo son sobre superficies en tres dimensiones. Al pasarlas a un mapa, las convertimos en coordenadas planas, en dos dimensiones, que para diferenciarlas de las anteriores las denominamos coordenadas cartográficas. Hay muchas formas de convertir la superficie tridimensional de la tierra (3D) a un mapa (2D), pero todas ellas tendrán algún tipo de distorsión, que aumentara cuanto mayor superficie de territorio se represente. La transformación de coordenadas terrestres a coordenadas cartográficas requiere de la elección de un sistema de coordenadas cartesiano con **orientación** y **punto de origen**, y de un proceso de **transformación** entre la esfera y el plano denominado **proyección**.



Al pasar las formas de la superficie terrestre al plano, las distorsiones se producen básicamente en tres aspectos:

- Los ángulos o relación angular que separa unos puntos de otros.

La ausencia en distorsiones angulares se denomina proyección **conforme** u **ortomórfica**, importante para la navegación.

- Las distancias o proporción entre la real y la del mapa representada a escala

La ausencia de distorsiones para las distancias da lugar a la proyección **equidistante**, entre un punto del mapa y el resto de los puntos o **automecoica** solo a lo largo de una línea.

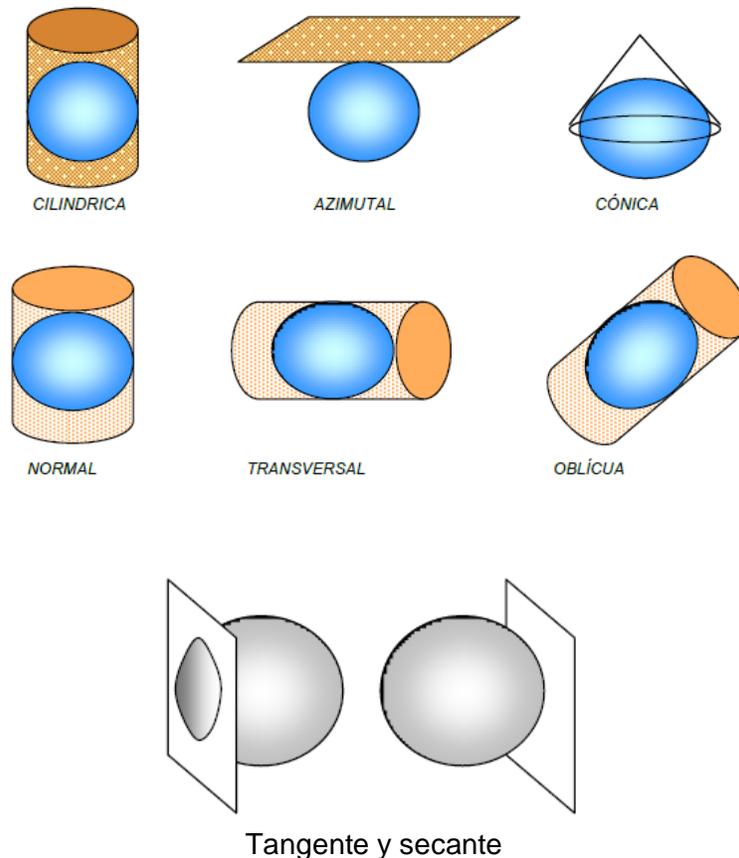
- El área o superficie de las entidades geográficas (con o sin variación de la forma)

La ausencia de distorsión en las áreas define la proyección **equivalente** o **equiárea**, donde los elementos tienen la misma superficie comparativa que en la realidad, aunque no implica conservar las formas, dado que en ninguna proyección se puede mantener la escala constante a lo largo del mapa.

### Concepto 7. Clasificación de las proyecciones según su origen

Las distorsiones provocadas en una proyección pueden ser ya de un tipo de clasificación de las mismas, aunque lo más frecuente, por su aparente sencillez, es basarse en las características geométricas de las figuras que las originan. En este sentido se hace una primera distinción entre las denominadas propiamente proyecciones, también llamadas **planas o perspectivas** cuando se pasa de la esfera directamente a un plano, y **de desarrollos** cuando antes de llegar al plano proyectamos sobre un cono o cilindro que posteriormente se desarrolla.

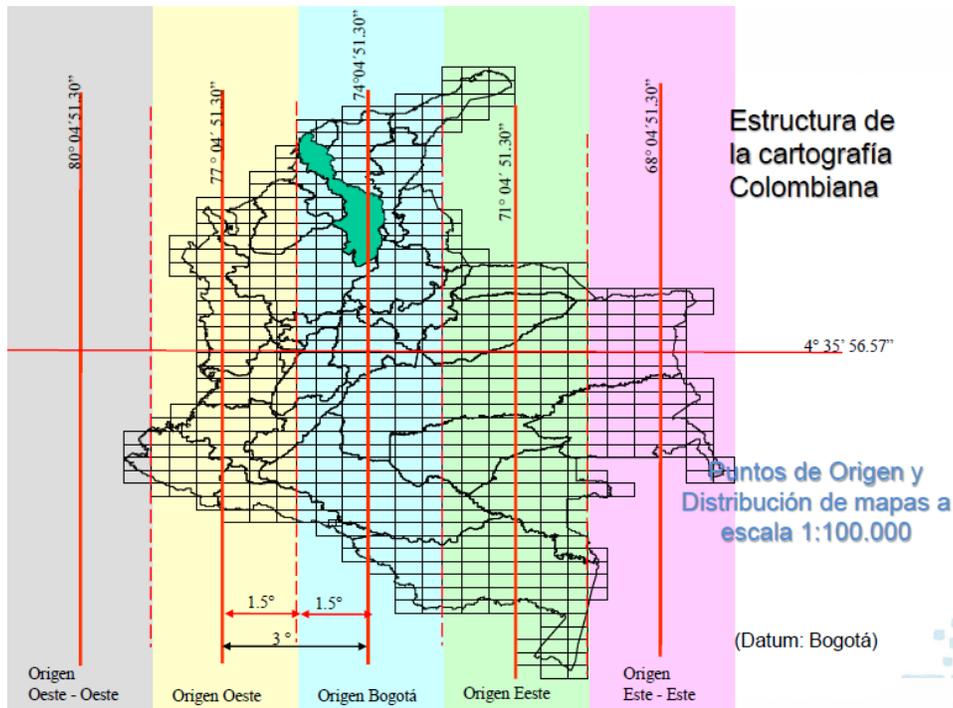
Pese a esta distinción, es frecuente la clasificación basada en la figura sobre la que se proyecta, distinguiéndose entre proyecciones acimutales o planas, cilíndricas y cónicas.<sup>4</sup>



<sup>4</sup> Se añaden semicilíndricas, anormalmente cilíndricas o diversas cuando no se basan en formas geométricas.

## Sistemas de referencia y coordenadas Arcgis 10

En Colombia el IGAC utilizan las proyecciones conforme de Gauss para mapas de escala general, con 5 puntos de orígenes para disminuir las distorsiones causadas por el relieve, y la cartesiana para los de escala grande, utilizado principalmente para los planos de ciudades.



### Sistema de coordenadas planas de Gauss

Este es similar a la transversal de Mercator, ya que se trata también de un cilindro orientado de manera horizontal (transversal). La diferencia entre estas dos radica en que para reducir aún más las deformaciones en la representación de la superficie colombiana, el IGAC utilizó cinco fajas de 3° de longitud, mientras que en Mercator éstas son de 6°

De igual manera, se establecieron cinco puntos de origen en los meridianos centrales de estas zonas. Para las coordenadas planas del país, todos los cinco puntos de origen se sitúan sobre la misma latitud de Bogotá (4°35' 56.57"N, en el caso de la cartografía antigua que emplea el Datum Bogotá) y con diferencia de 3 grados en longitud al este o al oeste, de la longitud de Bogotá (74°04'51.3"W, en el caso de la cartografía antigua que emplea el Datum Bogotá). Las coordenadas planas, tanto en el sentido de las 'Estes' como en las 'Nortes', tienen una asignación de 1.000.000 m E, y 1.000.000 m N

### Sistema de coordenadas cartesianas

Este sistema deriva su nombre del plano cartesiano, definido por el francés René Descartes, padre de la geometría analítica. Su materialización se efectúa empleando una proyección acimutal o planar, cuya unidad de medida es el metro, que está representado en unidades del terreno.

# Procedimiento. Arcgis10 y los Sistemas de referencia.

---

Una de las principales dificultades al utilizar Arcgis es la definición e interpretación del sistema de coordenadas y proyección que poseen los datos, para lo cual, a través de la experiencia, he definido las siguientes consideraciones:

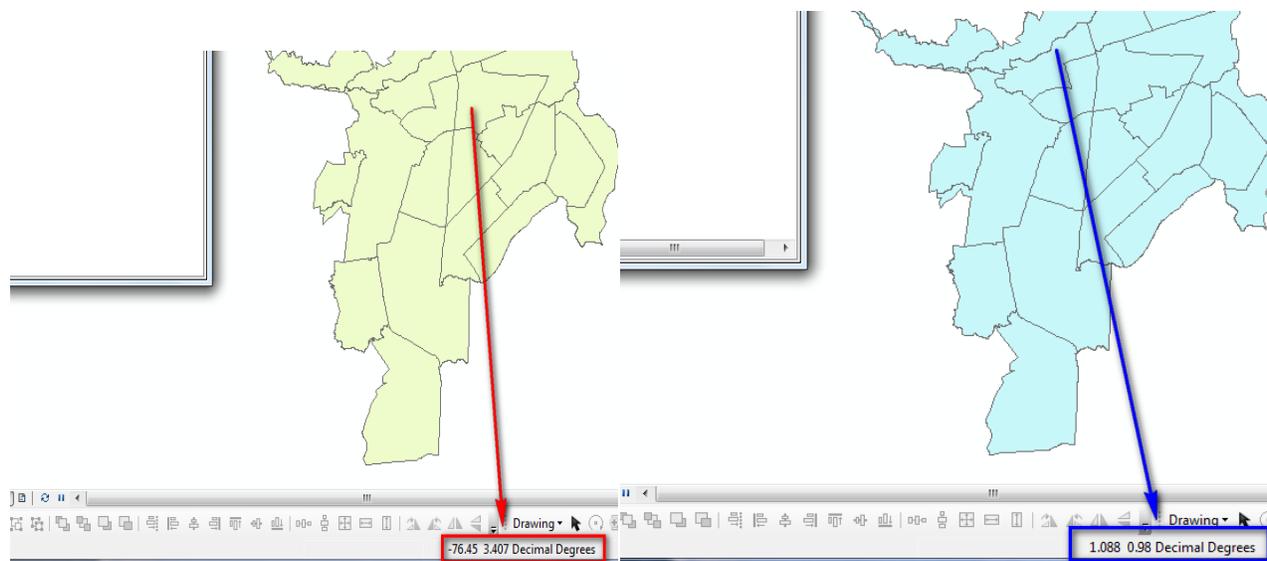
1. Es muy importante saber qué tipo de unidades (metros, grados) y coordenadas (Planas, Geográficas) se van a trabajar. Arcgis10 utiliza un tipo de unidades para el mapa y otro para la visualización que pueden o no ser iguales.
2. Definir el sistema de coordenadas de los datos, ya que Arcgis10 no puede determinar automáticamente que referencia tiene la información si no se hace manualmente o los datos que se añaden no traen consigo un archivo de proyección (.prj). Si el sistema de coordenadas no se encuentra por defecto en Arcgis10, podemos Crearlo o Importarlo.
3. Para pasar de un sistema de coordenadas geográficas a planas (o viceversa), es necesario realizar una transformación.
4. Si tenemos datos en diferente sistema de coordenadas y proyección pero queremos visualizarlos en uno solo, sin necesidad de re-proyectar, se puede utilizar la opción de proyección al vuelo.

## Caso 1. Definición de unidades y espacio de trabajo del proyecto.

Se debe conocer y definir en qué sistema de unidades se va a trabajar y utilizar para la información en el mapa y su visualización, puede suceder (por experiencia) que se carguen datos con un sistema de unidades en grados y el mapa o la visualización este configurado para metros (o diferentes combinaciones), creando una confusión en el usuario (puede aparecer -76.5236m en lugar de 76.5236°W). Esto se puede evitar, definiendo para el mapa un sistema de coordenadas.

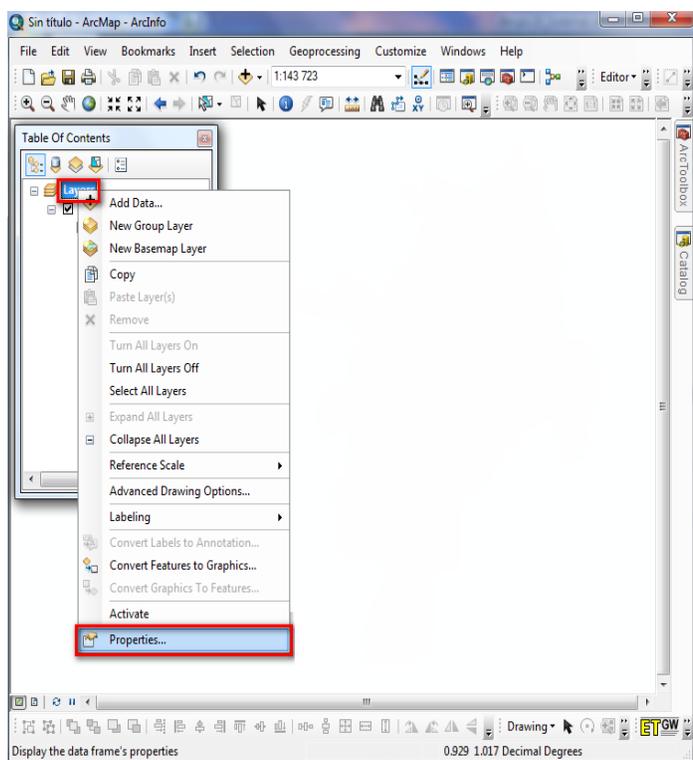
Importante saber que si la información que estamos añadiendo en Arcmap o el mapa tiene definido un sistema de referencia (coordenadas y proyección) no tiene significancia que las unidades del mapa y de la visualización sean diferentes, ya que Arcgis10 realizara una equivalencia entre unidades (imagen izq. donde el dato está en metros pero la visualización en grados) cosa que no ocurre cuando los datos no tienen definido el sistema de referencia (imagen der donde el dato esta en metros pero no realiza bien la equivalencia en grados).

## Sistemas de referencia y coordenadas Arcgis 10



También cabe señalar que si el primer dato que agreguemos en Arcmap tiene un sistema de referencia definido, el mapa automáticamente (si no se ha configurado previamente) adoptará las unidades y coordenadas de ese dato como configuración principal. Para configurar el mapa se deben seguir los siguientes pasos:

### Paso 1.1. Definir el tipo de unidades del mapa y de la visualización.

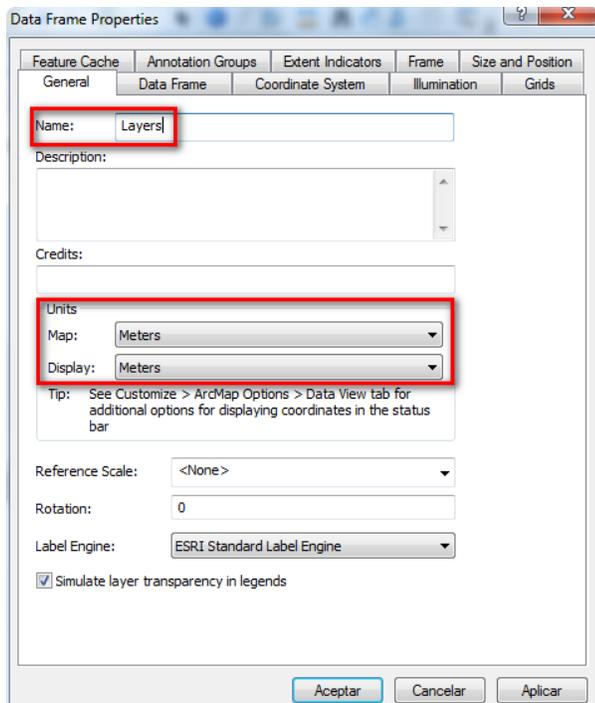


Abrimos Arcmap con un nuevo proyecto en blanco, lo guardamos en la ubicación que se quiera y con el nombre asignado por el usuario<sup>5</sup>. En la ventana de contenido, seleccionamos “layer” y le damos  **clic derecho/propiedades** (esto también se puede hacer dando  **clic derecho/DataFramePropiedades** sobre una zona vacía en la ventana de dibujo). Esto abrirá una nueva ventana con las propiedades del DataFrame<sup>6</sup> o “Marco de datos” que no es otra cosa que el espacio o ventana de dibujo. En ésta nueva ventana se encontrarán varias pestañas, para este ejercicio solo se trabajaran 2, **General y Coordinate System**.

<sup>5</sup> con el objetivo de que el proyecto ya nos quede guardado en el equipo y podamos utilizarlo después, también se puede hacer con un proyecto existente, aunque se pueden notar ciertos cambios en las unidades y coordenadas

<sup>6</sup> En otros manuales se enseña a crear, utilizar y trabajar con múltiples espacios de dibujo o DataFrames.

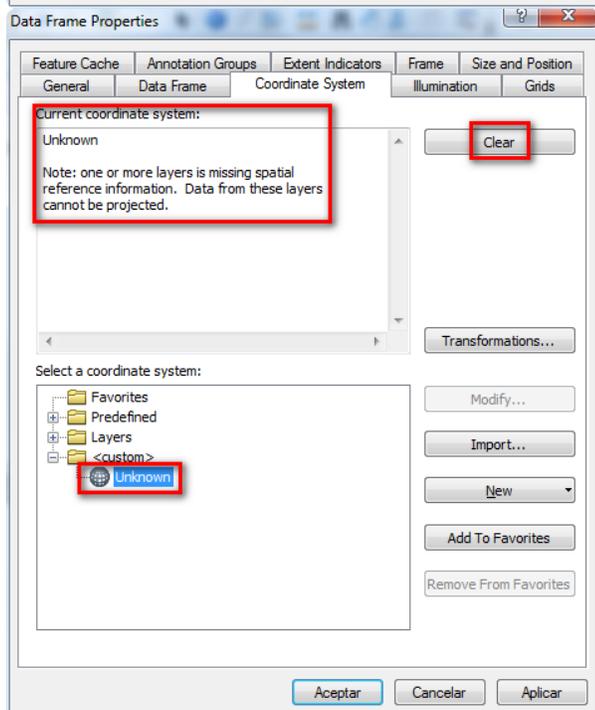
## Sistemas de referencia y coordenadas Arcgis 10



En la pestaña “**General**” se puede definir un nombre para este DataFrame o Ventana de dibujo (por defecto ‘*layers*’). En **Units** hay dos opciones: **Map**, para elegir las unidades del mapa (Tamaño real) y **Display**, para elegir las unidades de visualización (tamaño del dibujo). En este ejemplo, se añade un dato que está proyectado al sistema métrico decimal.

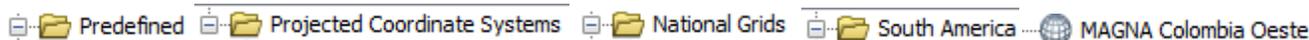
En este paso es importante saber en qué unidades o coordenadas vienen los datos para así mismo definirlos en Arcmap y no generar una confusión.

Ahora, trabajaremos en la pestaña Coordinate System, es importante tener en cuenta que este paso se puede ignorar y Arcmap definirá el Sistema de Coordenadas del mapa según la primera capa de información que agreguemos a él, pero es mejor controlar como queremos visualizar la información y definirlo desde el principio.<sup>7</sup>

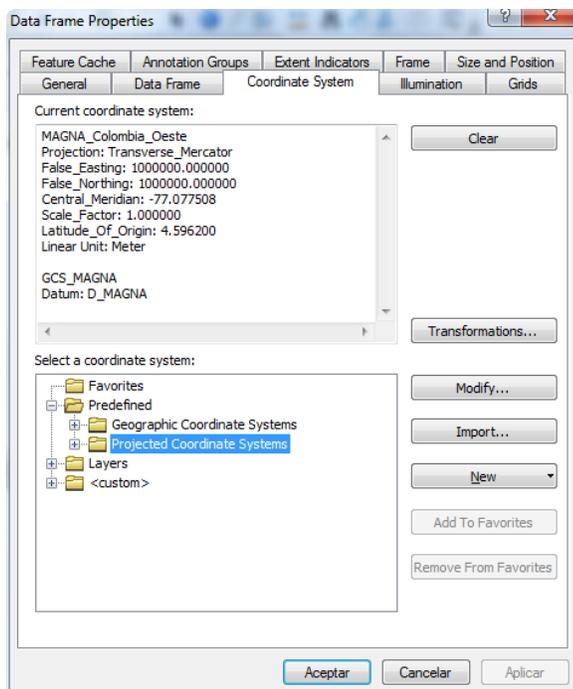


En esta pestaña, cuando no hay un sistema de coordenadas asignado al mapa, aparecerá como “**Unknown**”, también puede suceder que se quiera ‘limpiar’ o borrar la asignación del sistema, por lo que solamente sería necesario dar clic en el botón ‘**Clear**’.

Para asignar un sistema de coordenadas es necesario seleccionar en la sección inferior, una de las opciones definidas, en la carpeta **favorites** se guardan los sistemas de coordenadas favoritos del usuario. En la carpeta **layers** se puede escoger el sistema de coordenadas de alguna de las capas que estén cargadas en Arcmap (también se puede escoger el sistema de coordenadas de algún dato que se tenga en el equipo con el botón **import...**). Por ahora escogemos la opción **predefined** y seguimos la ruta siguiente: (*Predefinidos / Sistema de coordenadas proyectados / Cuadrículas Nacionales / Suramérica / Magna Colombia Oeste*).



<sup>7</sup> Para esta primera parte no entraremos en detalle en los sistemas de coordenadas y proyecciones que maneja Arcgis y lo dejaremos para cuando entremos en la etapa de definir un sistema de coordenadas y proyección a un dato, etapa en la cual se explicaran con más detalle los diferentes sistemas, sus modificaciones y transformaciones.



Para este ejemplo los datos se tomaron de campo y se representa en Coordenadas planas con proyección Transversa de Gauss y Datum Magna Sirgas con origen Oeste (proyección utilizada en Cali, Valle del Cauca y pacífico). Si se quiere utilizar un sistema de coordenadas geográficas se debe seguir la ruta: *Predefined / Geographics Coordinate Systems / World / WGS1984*

Al final, aparecerá un resumen con la información básica del sistema de coordenadas, proyección y datos del elipsoide adoptado.

De esta forma ya tendríamos configurado el mapa configurado con un sistema de coordenadas adoptado, toda la información que carguemos en el mapa se mostrara en este sistema de coordenadas, y si el dato tiene definido un sistema diferente, se realizara una **proyección al vuelo**<sup>8</sup> concepto que se tratará posteriormente.

### Caso 2. Conocer y definir el sistema de coordenadas y proyección a los datos.

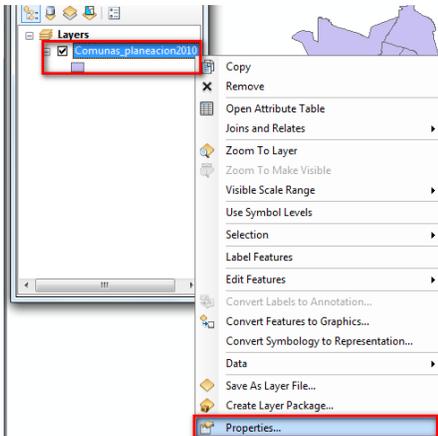
Arcgis10 no puede definir automáticamente un sistema de coordenadas a un dato si no se ha hecho previamente desde el software u otro programa que tenga la opción (Acad Map, Mapinfo, Arcview).

A partir de la fuente, el usuario puede tener idea de cómo viene la información. Si es a través de GPS, los datos son regularmente geocéntricos con el elipsoide WGS84 en coordenadas geográficas, a no ser que se haya pre configurado el dispositivo para realizar una transformación. Si es a través de campo, es importante saber a qué sistema de coordenadas se está realizando el amarre, esto se puede conocer a través de las placas o cmt's (Cali). Si la fuente son coberturas adquiridas de una institución pública o privada, por lo general deben venir georreferenciados, es decir, con un sistema de referencia definido, es importante revisar el metadato para conocer esta información.

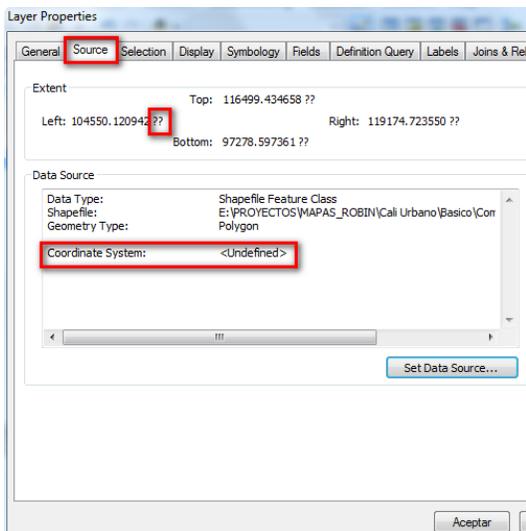
Para realizar operaciones entre coberturas de información, muchas veces es necesario que el sistema de coordenadas esté definido para cada una de ellas, pues aunque puede que el dato se encuentre referenciado en las coordenadas que son tomadas por el dispositivo, en campo u cualquier otra fuente, Argis10 no puede determinar que dicho dato se encuentra en tales coordenadas, sino se lo 'decimos' o definimos, así en el mapa lo dibuje correctamente. Para determinar y definir el sistema de coordenadas y proyección de los datos se siguen los siguientes pasos:

<sup>8</sup> Método utilizado por Arcmap que proyecta información con un sistema de coordenadas y proyección definido a otro de manera virtual o temporal sin afectar la proyección inicial con el fin de permitir trabajar con los datos sin diferencias de escala, forma o desplazamiento causado por la proyección.

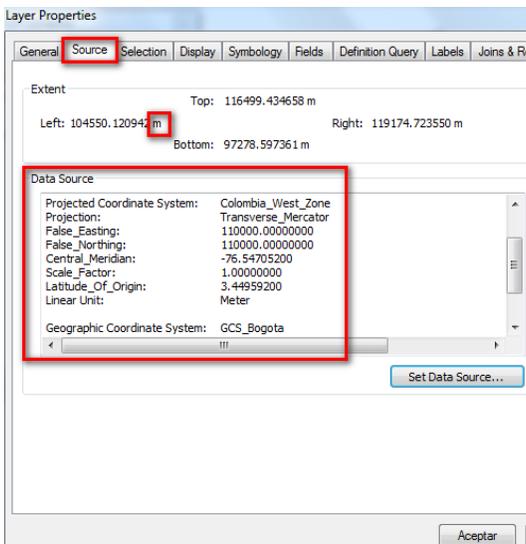
## Paso 2.1. Determinar si un dato tiene definido el sistema de coordenadas



Adicionamos la cobertura y en la ventana de contenido se da clic derecho sobre el nombre de la cobertura cargada y clic en propiedades (properties):



Luego nos ubicamos en la pestaña **source** y se observa que si el dato o cobertura no tiene un sistema de coordenadas y proyección definido aparecerá en el texto **Coordinate System** la información **Undefined** que significa que el dato que se ha agregado no tiene definido un sistema de coordenadas específico, pero OJO, esto no quiere decir que la cobertura no esté en las coordenadas que son, solamente significa que Arcgis no puede reconocerlas si no se lo indicamos. Además en la información de **Extent** se observa que tiene valores de extensión geográfica (x1, y1) (x2, y2) pero las unidades son desconocidas (??).



Ahora, nótese que se está utilizando el mismo dato de información, pero ahora se le ha indicado que tiene un sistema de coordenadas (ya lo tenía desde el caso anterior pero ahora desde Arcgis se le ha definido). Si se observa desde el explorador de Windows, se habrá creado un nuevo archivo con el nombre del shape pero extensión .prj que es la proyección adoptada. Ahora el resumen de **Coordinate System** nos muestra el sistema de coordenadas, la proyección y los datos del elipsoide adoptado, adicionalmente en la extensión (**Extent**) se puede ver que

tiene la misma extensión que en el ejemplo anterior pero ahora está definido el tipo de unidades en metros (m).

### Paso 2.2. Definir un sistema de coordenadas y proyección a un dato.

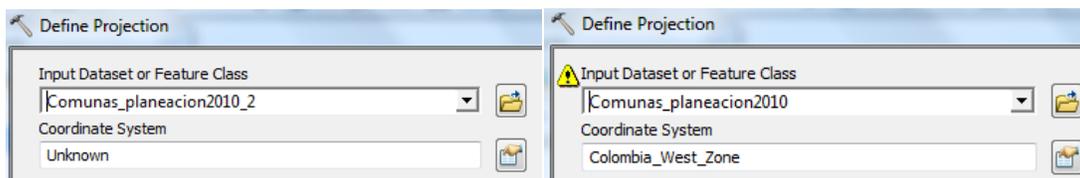
Como se precisaba desde el inicio de este caso, para poder realizar este paso es muy importante conocer la fuente (GPS, Topografía, Entidad, Fotografía, Digitalización, etc.) de información del dato o cobertura para poder asignarle apropiadamente el sistema de coordenadas y proyección correspondiente. Si no tenemos la certeza de conocer en qué sistema de coordenadas, proyección y elipsoide adoptado se trabajó la información, se pueden cometer imprecisiones al asignar un sistema de coordenadas desde Arcgis y obtener así, resultados inesperados.

Para el ejemplo, el dibujante sabe que la información se levantó o digitalizó utilizando Coordenadas proyectadas (Cilíndricas) Transversa de Mercator con Datum Bogotá (Antigua red arenas) y elipsoide internacional de Hayford 1924. Debido a que toda la antigua cartografía de Colombia en su mayoría se encontraba con esta información.<sup>9</sup> Si por error, le asignara Coordenadas Geográficas u otro sistema de referencia, la información no será mostrada donde es, así se los vectores se hayan dibujado con las coordenadas reales, pero para el software, le estamos indicando que están en otro sistema y no en el que debería ser.

Para definir un sistema de coordenadas a un dato, se debe buscar en la parte superior el icono de **Caja de herramientas**  (ArcToolBox) y seguir la siguiente ruta:

 **Data Management Tools**  **Projections and Transformations**  **Define Projection**

En **Input Dataset or Feature Class (dato de entrada)** se selecciona el dato al cual se le quiere asignar (definir) o también quitar el sistema de coordenadas. Si el dato no tiene asignado o definido un sistema de coordenadas (pero sabemos cuál es) aparecerá la ventana de **Coordinate System** la palabra **Unknown** al igual que aparecía siguiendo el *paso 2.1*. Si por el contrario, el dato ya tiene asignado un sistema de coordenadas, nos aparecerá un símbolo de advertencia en el nombre del dato y en la ventana del Sistema de Coordenadas el correspondiente (o definido).

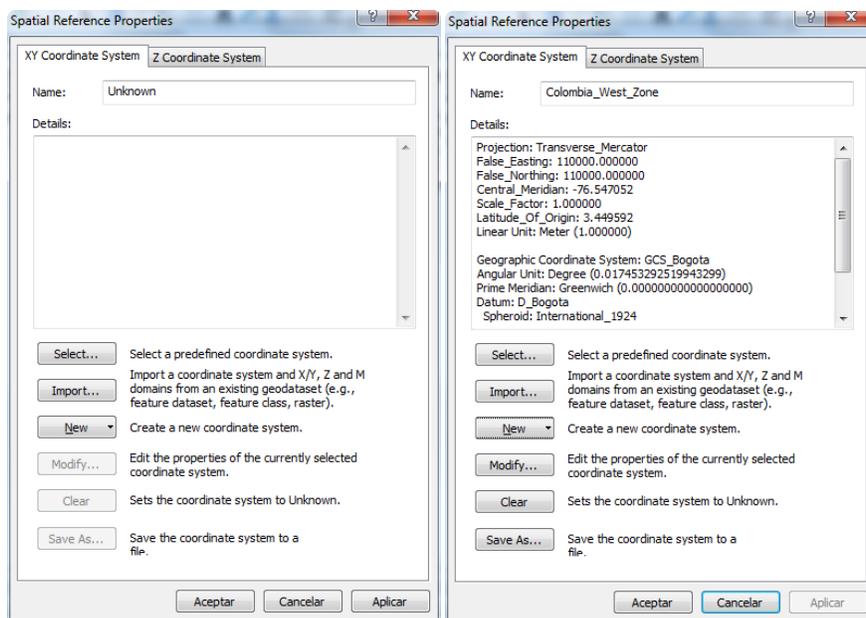


Para definir o modificar el Sistema de Coordenadas, se debe dar clic en el icono 

Aparecerá una nueva ventana de dialogo donde se asignaran, importaran, modificaran o removerán los sistemas de coordenadas asignados a los datos, las opciones que se encuentran en esta ventana se explicaran una por una para que el lector pueda identificarlas y aplicarlas según sea su necesidad.

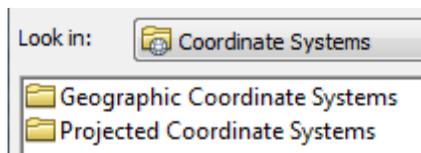
<sup>9</sup> Actualmente toda la cartografía se está migrando al nuevo sistema de referencia con Datum Magna y elipsoide GRS1980 con proyección Cilíndrica Transversa de Gauss.

# Sistemas de referencia y coordenadas Arcgis 10



Existen dos pestañas en la ventana de dialogo, **X,Y Coordinate System** y **Z Coordinate System** para definir las coordenadas horizontales X,Y y verticales Z. Nos enfocaremos en el primero:

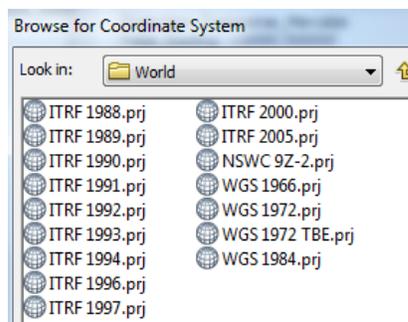
- a)  Con este botón seleccionaremos entre los diferentes sistemas de coordenadas que trae Arcgis por defecto para definirlo al dato.



Luego se abrirá una pantalla donde se ve la carpeta de sistemas de coordenadas y el usuario podrá elegir entre Geográficas o Proyectadas (igual que en el paso 1.1 se definía el sistema de coordenadas al mapa)

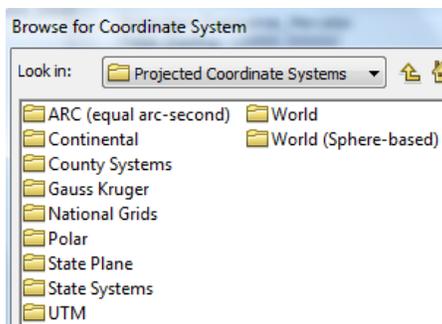


Opción de sistema de coordenadas Geográficas, se pueden observar todas las opciones disponibles de Elipsoides por continente o zona geográfica.

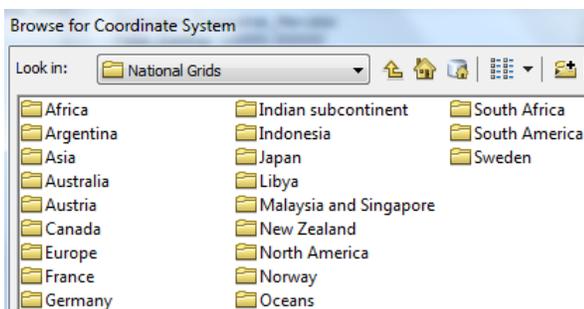


Dentro de coordenadas Geográficas, en la carpeta World (mundiales) podremos encontrar la opción más utilizadas y que viene en la configuración por defecto de los sistemas GPS, la del elipsoide WGS 1984. (Geográficas: Latitud, Longitud)

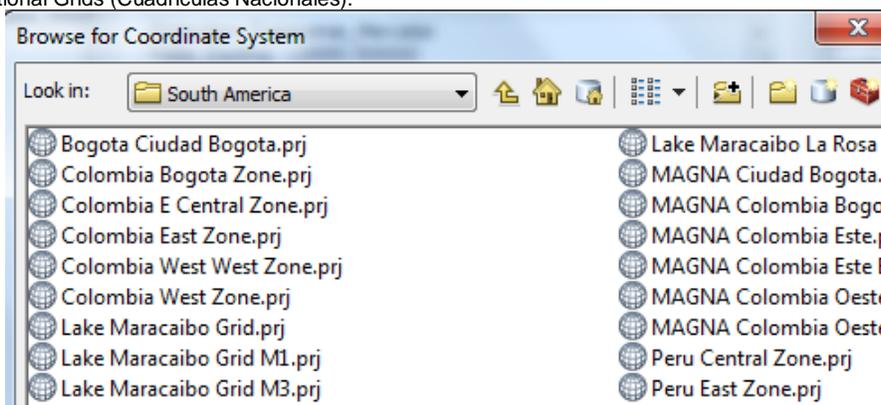
## Sistemas de referencia y coordenadas Arcgis 10



Opcion de sistemas de coordenadas proyectadas, tambien se dividen por continentes o zonas geograficas. Para Colombia se busca la opcion National Grids (Cuadrículas Nacionales).



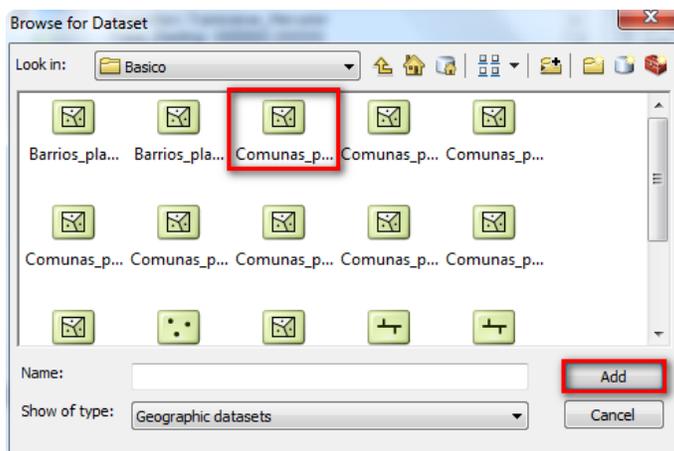
Dentro de ésta opcion, tambien se encuentran otros paises. Para seguir en la busqueda de Colombia, se debe abrir la carpeta de South America (Sur America).



Dentro de Sur America, ademas de encontrar algunos paises adicionales, estan tambien los sistemas de coordenadas utilizados en Colombia. Se pueden visualizar los sistemas con Datum Magna y los 5 origenes, tambien un sistema Magna local de la ciudad Bogotá. Otros sistemas para Colombia que utilizan el elipsoide Hayford Internacional 1924 con los 5 origenes y uno local para Bogotá. Para Cali, se utilizan 3 sistemas de coordenadas diferentes, Colombia West Zone (elipsoide Hayford 1924 origen Oeste), CMT (Sistema local con origen en San Antonio y coordenadas falsas 110mil 110mil) y Magna Colombia Oeste (sistema actual)

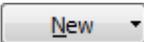
Luego de seleccionar el sistema de coordenadas requerido, se da clic en aceptar y en OK. Para comprobar que la definición se realizo con éxito, se deben visualizar las coordenadas correctas de los datos. Si esto no ocurre, se debe hacer una limpieza (paso e).

- b)  Con este botón, se utilizara un Sistema de Coordenadas existente y definido en otro shape o base de datos.

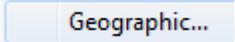
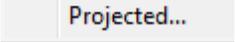


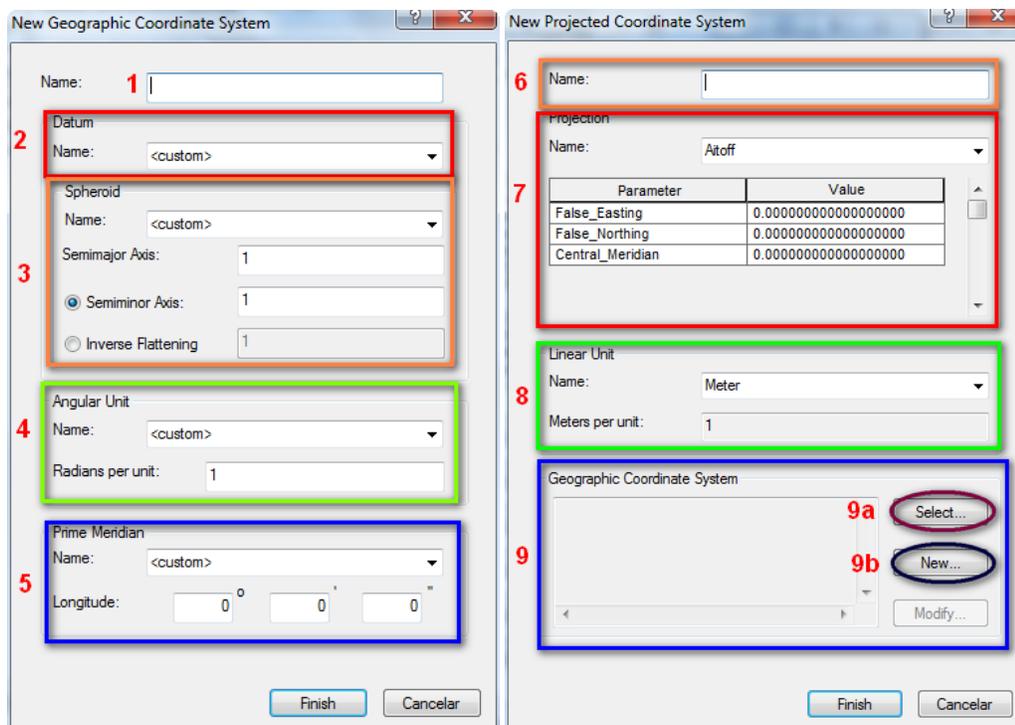
Al seleccionar esta opción, el programa solicita una cobertura existente que tenga configurado o definido el sistema de coordenadas que requerimos para el nuevo dato. Simplemente se debe buscar dicha cobertura y dar clic en ADD, con esto, el nuevo dato obtendrá la misma configuración (sistema de coordenadas) del seleccionado con este paso.

## Sistemas de referencia y coordenadas Arcgis 10

- c)  Con este botón se podrá crear un Sistema de Coordenadas Nuevo desde cero<sup>10</sup>

  Al iniciar, se debe escoger entre Sistema de Coordenadas Geográficas o Proyectadas, luego de esto, se abrirá una ventana donde se deben indicar los parámetros del Elipsoide y Datum.



Los parámetros necesarios para configurar y crear un nuevo sistema de coordenadas geográficas son:

1. Nombre del nuevo sistema de coordenadas Geográficas
2. Datum de referencia (*Magna, International\_1924, Custom*<sup>11</sup>)
3. Elipsoide de referencia (*International\_1924, GRS\_1980, WGS\_1984, Custom*); Si se elige la opción “*Custom*” se pueden modificar los datos de Semieje Mayor, Semieje Menor y/o índice de achatamiento 1/f
4. Unidad angular (grados, radianes, etc.) y radianes por unidad (*0.017453292519943299*)
5. Primer meridiano (longitud), por lo general se utiliza el meridiano de Greenwich por defecto.

<sup>10</sup> También se puede crear un nuevo sistema de referencia desde ArcToolbox → Create Spatial Reference

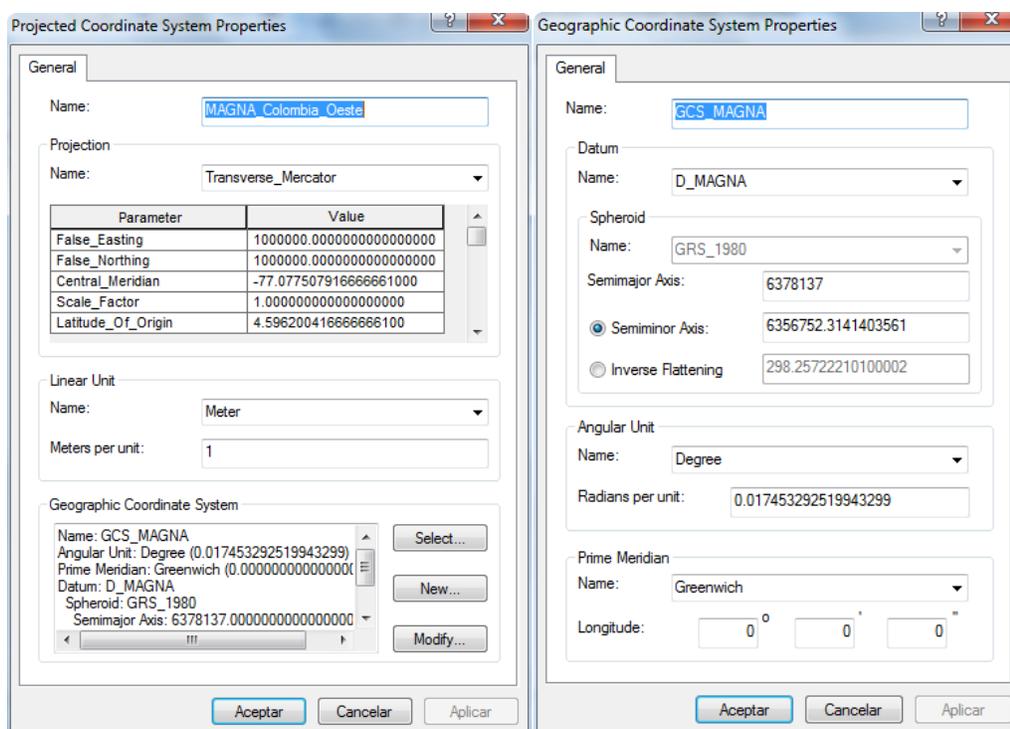
<sup>11</sup> No se utiliza un Datum específico o existente sino uno personalizado por el usuario

## Sistemas de referencia y coordenadas Arcgis 10

Los parámetros necesarios para configurar y crear un nuevo sistema de coordenadas proyectadas son:

6. Nombre del nuevo sistema de coordenadas proyectadas.
7. Proyección (UTM, Transversa Mercator, cilíndrica, cónica, acimutal, etc.). También se pueden modificar los valores de la proyección personalizados como falso este, falso norte, meridiano central, factor de escala y latitud de origen.
8. Unidad lineal (metros, pies, pulgadas, etc.) y factor de metros por unidad
9. Sistema de coordenadas geográficas o elipsoide de referencia para la proyección elegida. En este punto se pueden elegir entre dos opciones:
  - 9a. Seleccionar un sistema de coordenadas geográficas existente (Elipsoide y Datum pre configurado)
  - 9b. Crear un sistema de coordenadas geográficas (elipsoide y Datum) nuevos, donde se siguen los pasos descritos del 1 al 5.

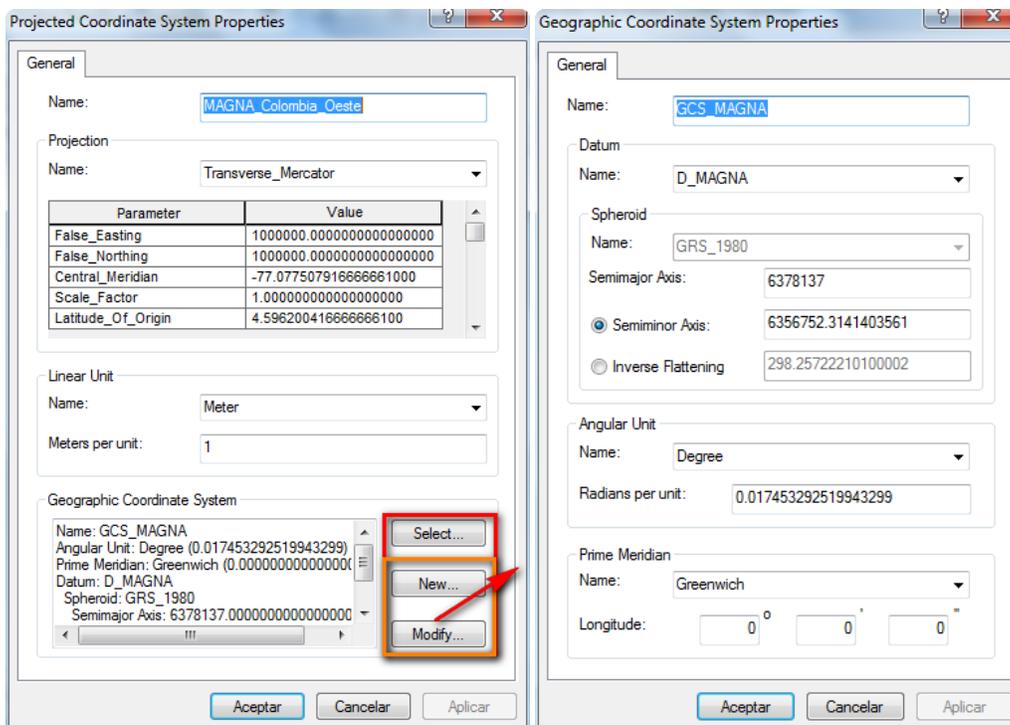
Para la muestra, se observa en las imágenes siguientes la configuración el Sistema de Coordenadas Proyectadas Magna Colombia origen Oeste:

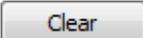


- d)  Con este botón podremos modificar los parámetros de un Sistema de Coordenadas existente o predefinido al dato.

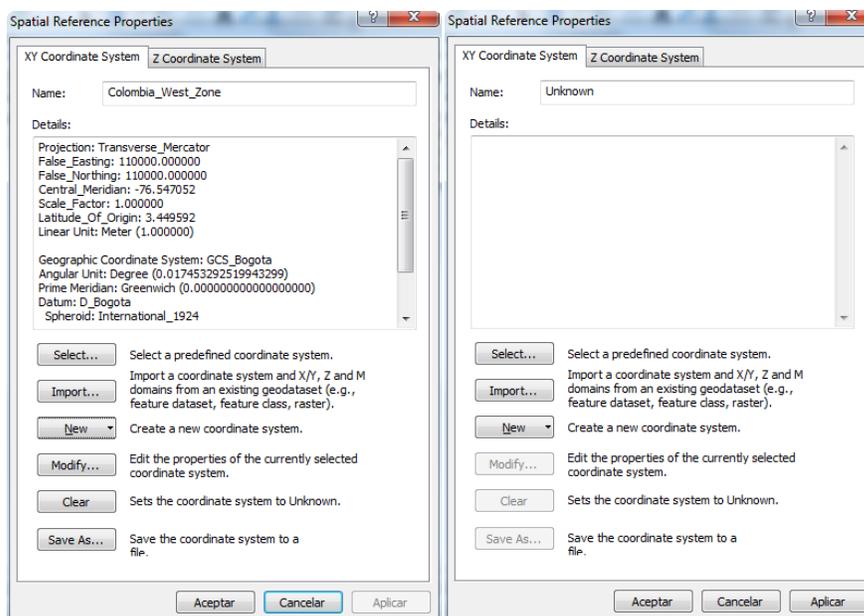
Este botón abrirá las ventanas vistas en el ítem c) pero con los datos actuales, donde se podrán modificar parámetros de la misma manera con la que se crean nuevos.

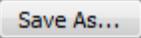
## Sistemas de referencia y coordenadas Arcgis 10



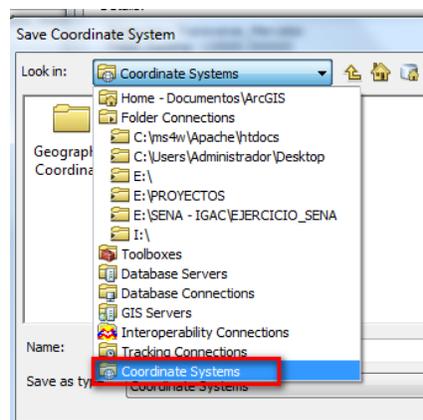
- e)  Este botón se utiliza para limpiar la asignación (borrar) de un Sistema de Coordenadas a un dato y dejarlo como desconocido (**Unknown**)

Esta opción borrara una asignación o definición de sistema de coordenadas a un dato y lo dejara como no definido o desconocido (Unknown), útil si se comete un error en la asignación.



- f)  Este botón permite guardar en el equipo los cambios realizados a un Sistema de Coordenadas, si se ha creado nuevo o se ha modificado.

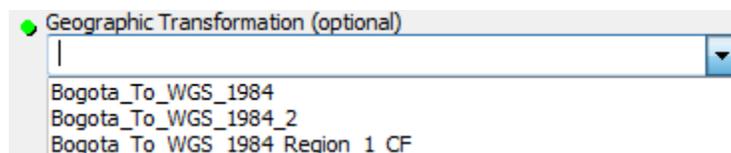
Se recomienda guardar el sistema de coordenadas en la ruta que Arcgis10 dispone para esto, donde guarda los sistemas predeterminados y categorizarlo según corresponda en Geográficas o Proyectadas.



### Caso 3. Proyecciones y transformaciones.

Arcgis10 tiene predefinidas cierto tipo de transformaciones (métodos matemáticos) para las proyecciones más comunes, pero para proyecciones nuevas definidas por el usuario, es necesario crear nuevas transformaciones conociendo los parámetros del Datum de referencia.

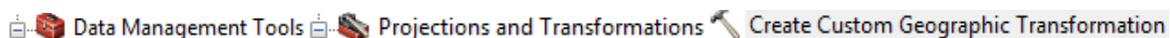
Cuando se va a proyectar una cobertura a otro sistema de coordenadas de planas a geográficas o viceversa, el programa solicitará una transformación entre Datums de referencia donde se utilizarán ciertos parámetros para encontrar una similitud entre coordenadas. La herramienta de proyectar en Arcgis mostrará un punto verde en la opción **Geographic Transformation**, lo que indicará que es necesario elegir un método de transformación; el programa sugiere entre los métodos existentes según los sistemas de coordenadas elegidos, varios métodos de transformación, si esto no ocurre y el punto verde aparece, es porque hace falta una transformación pero no hay ninguna definida. (En la imagen, se sugieren métodos para pasar del Datum Bogotá al Elipsoide WGS84, planas a geográficas, y el último que se visualiza, con un método de transformación **Coordinate Frame** o **CF**, en algunas ocasiones MB o Molodensky Badekas).

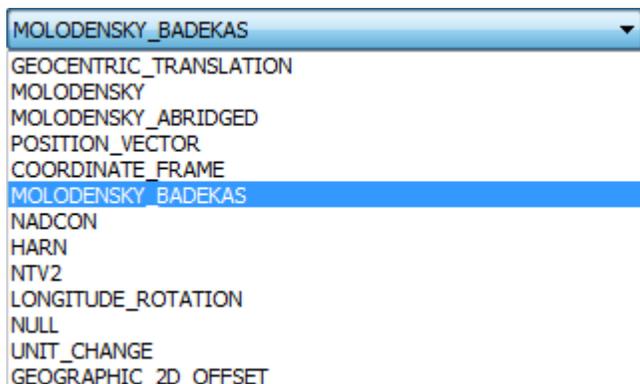


Si no existe un sistema de transformación entre los sistemas de coordenadas a proyectar, pero se marca el botón verde (es necesario transformar datos), se debe crear un sistema de transformación nuevo.

En esta parte es muy importante conocer las coordenadas de origen de cada Datum de referencia entre otros parámetros, es importante investigar estos datos para la zona, ciudad o país a la que se esté aplicando. Se explicará por lo tanto el procedimiento a seguir.

Desde el ArcToolBox → DataManagementTools → Projections y Transformations → Create Custom Geographic Transformation

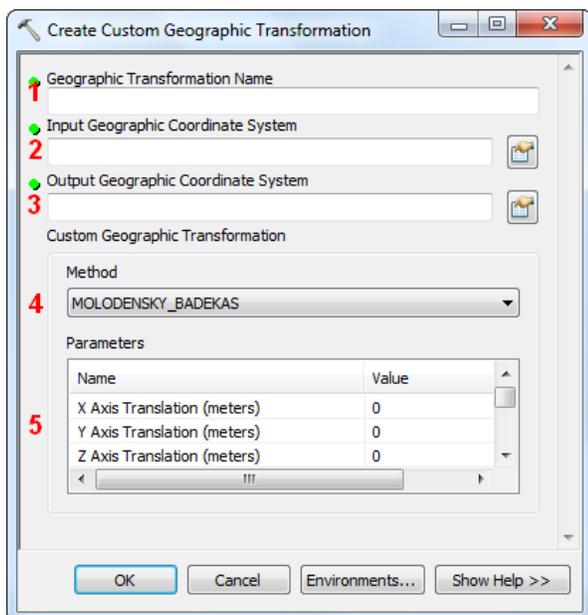




Los parámetros a configurar por lo general son rotaciones y separaciones entre Datums de referencia en las coordenadas x,y,z, otros parámetros son escala y coordenadas de origen (todo depende del método de transformación, en este caso Molodensky Badekas).

Se recomienda estudiar cada uno de estos parámetros a la hora de definir una nueva transformación para la zona de estudio.

La herramienta le permite crear una transformación geográfica nueva, las variables a configurar son:



1. Nombre del sistema del sistema de transformación

2. Sistema de Coordenadas Geográficas (o planas) de entrada, se elegirá el sistema de coordenadas desde el cual se va a proyectar.

3. Sistema de Coordenadas Geográficas (o planas) de salida, se elegirá el sistema de coordenadas hacia el cual se va a proyectar.

4. Método de transformación, cada método tiene diferentes parámetros de transformación, en Cali se utiliza el método Molodensky Badekas según el IGAC.

5. Parámetros de transformación, que pueden ser diferentes según el método elegido, pueden ser desplazamiento, rotación, escala, origen, entre otros.

Al finalizar, se da clic en OK y ya se ha definido un nuevo sistema de transformación para proyectar.

### Caso 4. Proyecciones al vuelo

Se utiliza cuando tenemos un dato con un sistema de coordenadas definido y cargado en ArcMap y luego se carga o añade otro dato pero esta vez con un sistema de coordenadas diferente. Si ambas coberturas tienen correctamente definidos sus sistemas de referencia en Arcgis, el programa va a sobreponer un dato sobre otro realizando automáticamente la proyección y transformación pertinente pero de manera temporal, para facilitarle al usuario, de esta forma, el análisis espacial y edición entre dichas coberturas y conservar el sistema de referencia de cada una sin necesidad de crear más datos de salida entre la función 'proyectar'.

Como se usa? Simplemente cuando se añaden dos capas con las condiciones previamente dichas.

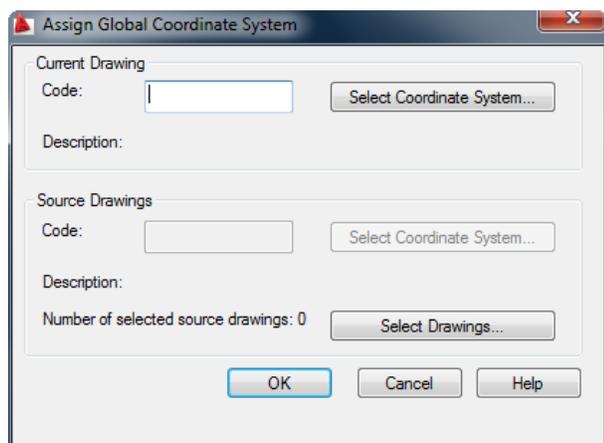
Como se desactiva? En ocasiones, el usuario quiere ver gráficamente el desplazamiento, rotación y escalamiento entre datos de diferentes sistemas de coordenadas, por lo que es necesario limpiar la selección de un sistema de referencia en el mapa (paso 1.1 opción **clear**).

## Anexo 1. Proyecciones en Autocad Map 2009

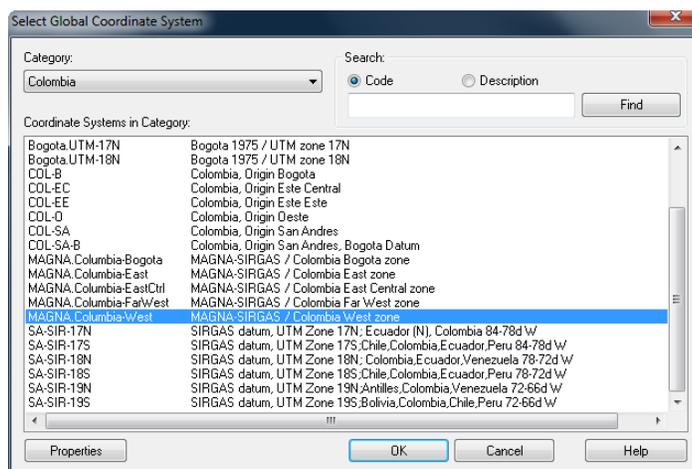
En Autocad Map 2009 también se pueden definir y trabajar con proyecciones y sistemas de coordenadas, como no es el tema principal de este manual, que está dirigido al software Arcgis, se explicara de manera rápida la configuración de un sistema de referencia al mapa, al dato y la creación de uno nuevo a través de 3 sencillos pasos:

### Paso A1.1 Asignación del Sistema de Referencia al dibujo

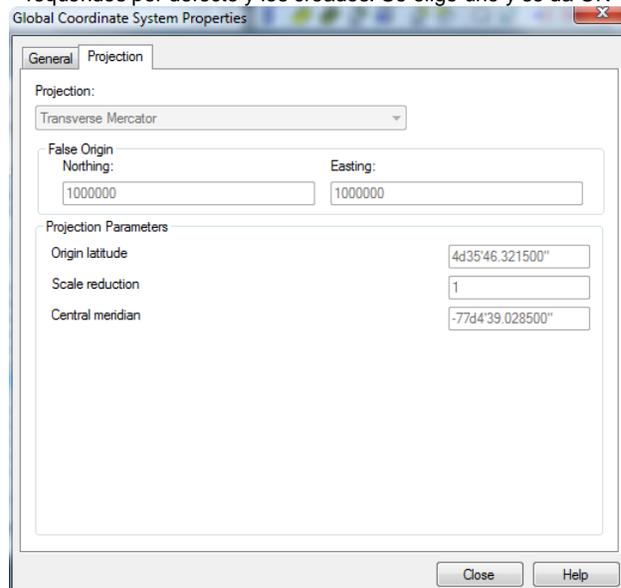
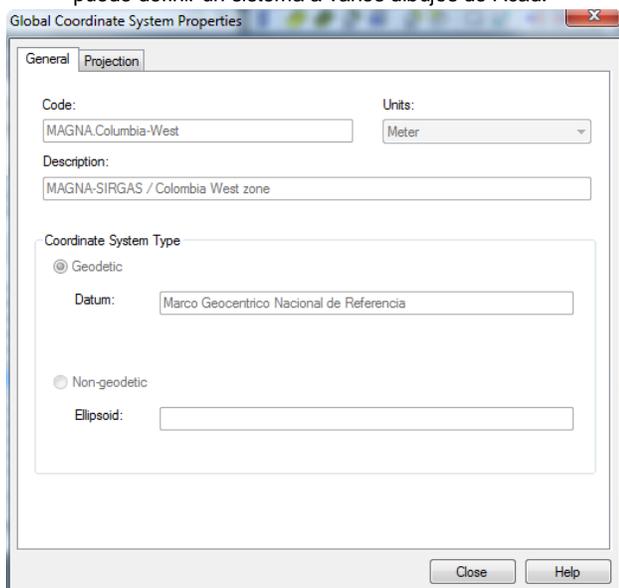
Se sigue la ruta: Menu MAP → Tools → Assing Global Coordinate System



Se abre una ventana para seleccionar el Sistema de coordenadas o escribir el código (si se lo sabe), también se puede definir un sistema a varios dibujos de Acad.



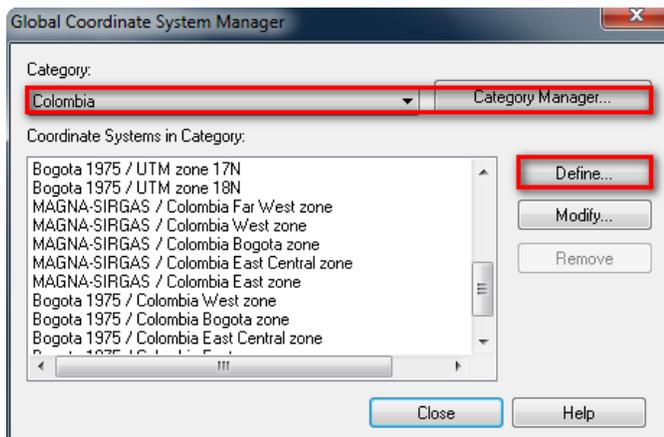
Al dar clic en Select Coordinate System, se debe buscar la categoría (por país, zona o cualidad) y ahí se encontraran los sistemas de referencias requeridos por defecto y los creados. Se elige uno y se da OK



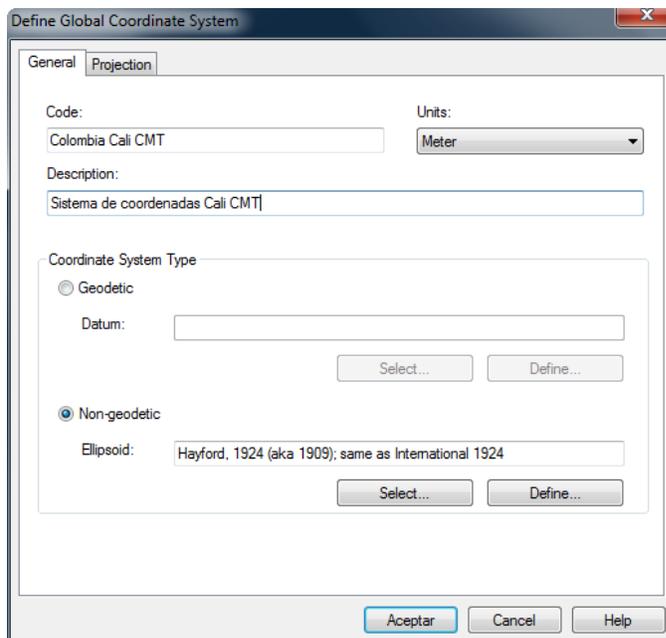
Si se da clic en propiedades, se pueden ver los parámetros del sistema de referencia elegido, los que están por defecto no se pueden modificar o editar. Se encontraran los parámetros básicos como Código o Nombre, Unidades, Descripción, Datum o Elipsoide, Proyección, Falso Origen, Latitud de origen, Meridiano central y escala de reducción.

## Paso A1.2 creación de un Sistema de Referencia nuevo

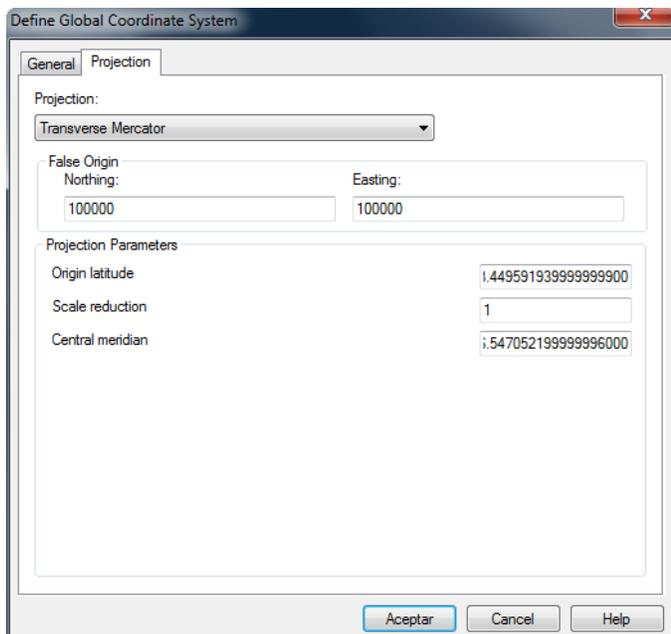
Se sigue la ruta: Menú MAP → Tools → Define Global Coordinate System



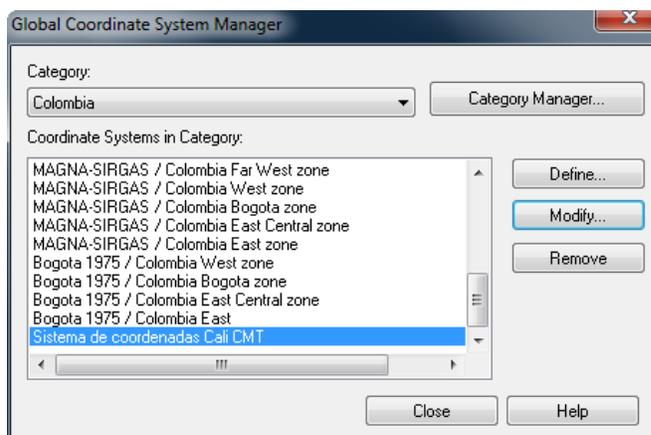
Se debe escoger una categoría donde se almacenara y posteriormente se buscara el sistema de referencia, si se quiere crear una categoría nueva, se dará clic en Category Manager, para empezar a crear el sistema de referencia se da clic en **Define**



La primera pestaña **general** permite configurar datos básicos como el nombre o código del sistema de referencia, descripción y unidades de medida. Luego se debe elegir entre Sistema basado en Geocéntrico (Datum) o no Geocéntrico (Elipsoide). En el ejemplo Hayford Internacional 1924



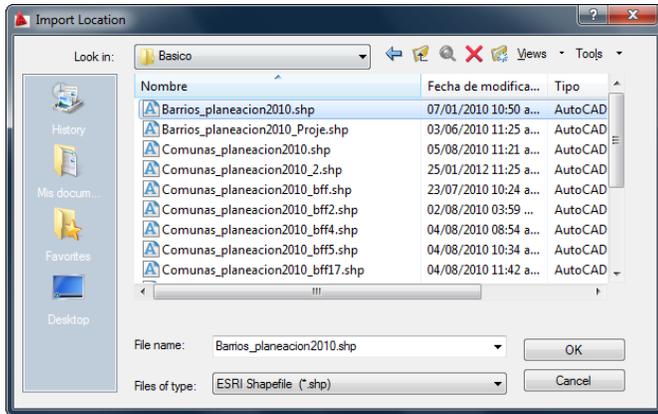
En la pestaña **Projection** se definirán los datos de proyección, si tiene, como el tipo, el origen falso, Latitud de origen, Meridiano central y escala.



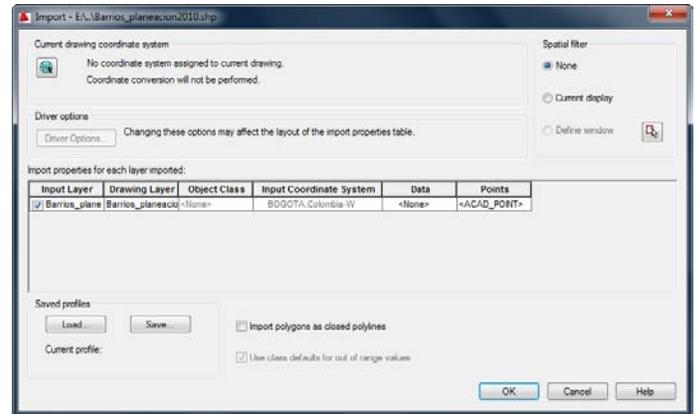
Por último, al dar clic en aceptar, aparecerá el nuevo sistema de referencia listo para definirse al dibujo de Acad

## Paso A1.3 Ver el Sistema de referencia de un dato

Se sigue la ruta: Menú MAP → Tools → Import

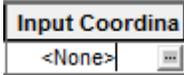


Se abre una ventana donde se debe buscar el dato a importar a Acad, importante definir en la parte inferior el tipo de dato, en este ejemplo Shape



En la ventana siguiente, en la columna **input coordinate system** se podrá determinar el sistema de referencia con el que viene el dato, o si no lo tiene definido (none) se podrá definir desde Autocad si el mapa ya tiene asignado un sistema de referencia previamente.

Si el dato a importar no tiene definido un sistema de referencia pero el mapa o dibujo de Acad sí,

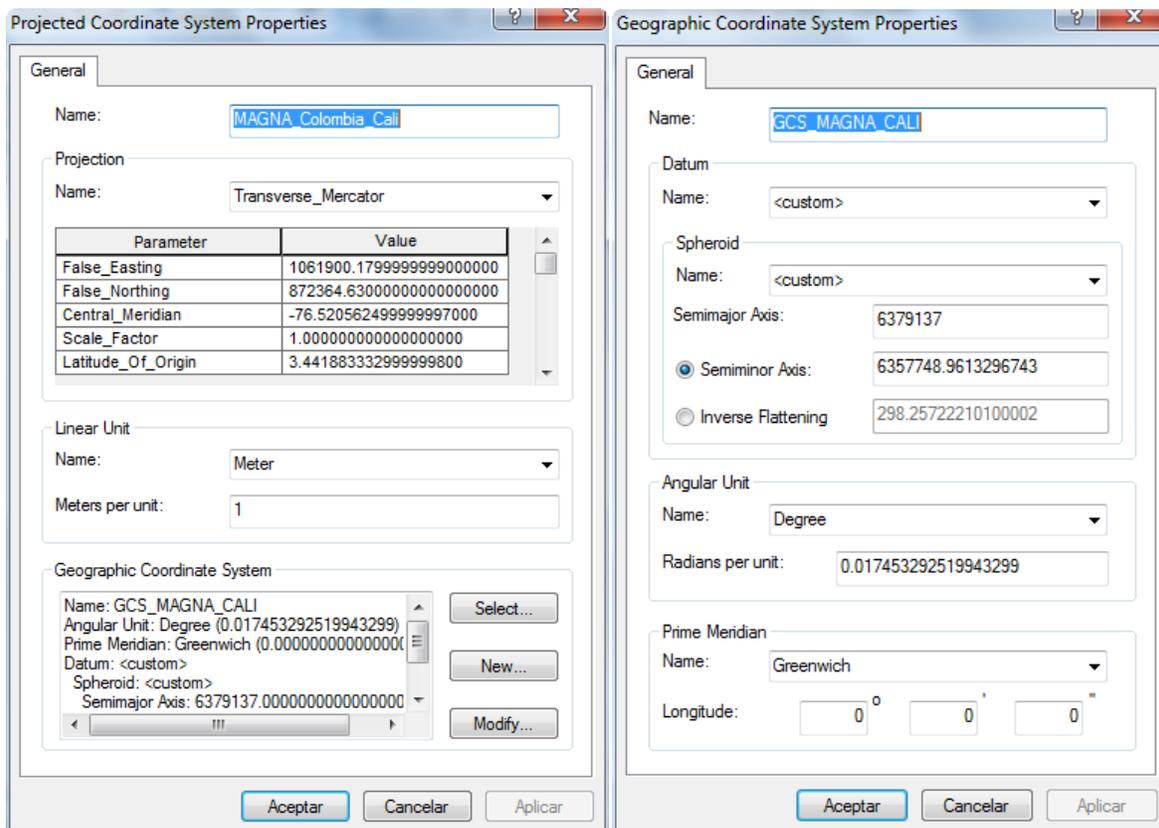
aparecerá un icono como este , dando clic en los 3 puntos, se podrá elegir un sistema de referencia al dato.

Importante, Autocad también permite proyecciones al vuelo y transformaciones entre datos.

## Anexo 2. Sistemas de Coordenadas locales.

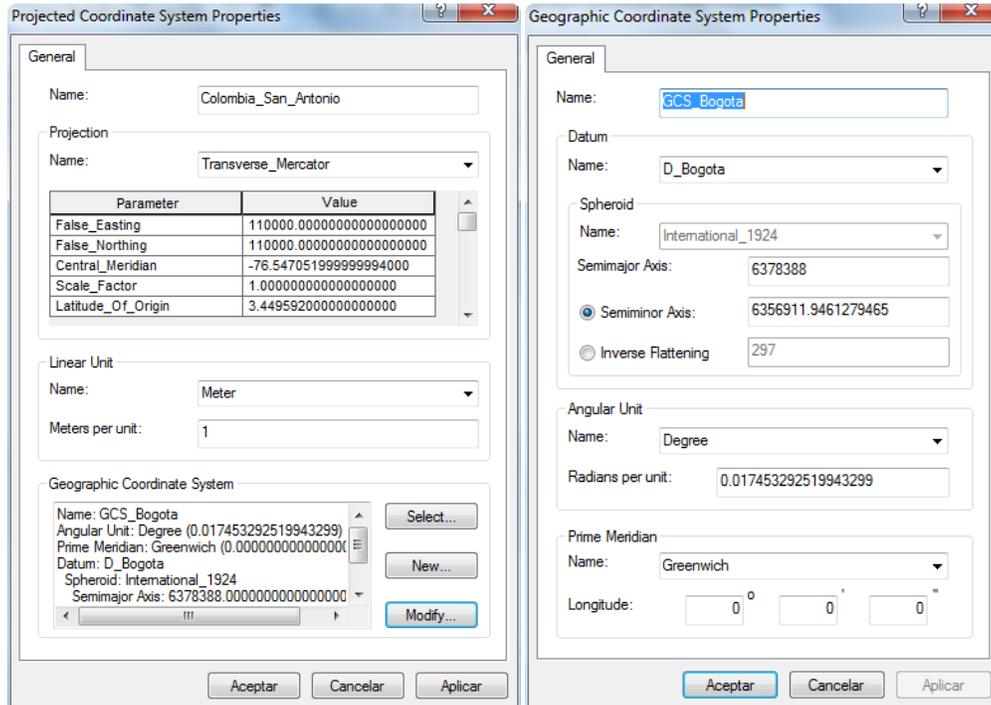
En este anexo se mostraran a través de imágenes, la configuración de algunos sistemas de coordenadas y proyecciones utilizadas en la ciudad de Cali y el Valle del Cauca – Colombia.

### Magna Cali...



Utilizados en la migración de la cartografía actual de Cal, tiene origen en Cali, Sistema de Coordenadas planas con Datum Magna Elipsoide GPRS80 y falso origen 1'000.000 1'000.000.

### Cali -(CMT)...



Utilizado en cartografía local de Cali con origen en Cali Sistema de Coordenadas Cartesianas con Datum Bogotá elipsoide Hayford 1924 origen falso 110.000 110.000

#### Acerca del Autor

Ing. Topográfico Robin Alexis Olaya  
Analista SIG, Cartografía, GPS  
Universidad del Valle  
Cali - Colombia  
Blog: <http://robalexo.wordpress.com>  
E-mail: [robalexo@gmail.com](mailto:robalexo@gmail.com)