

 <p><b>IGAC</b> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI</p>	<p><b>METODOLOGÍA</b></p> <p>DEFINICIÓN ORÍGENES PLANOS CARTESIANOS</p> <p><b>GRUPO INTERNO DE TRABAJO GEODESIA</b></p>	<p>Cód. M30100-02/14 V2</p> <p>Fecha Junio de 2014</p>
--	---	--

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>No. de Pág.</b>
<b>1. OBJETIVO Y ALCANCE</b>	1
<b>2. NORMAS TÉCNICAS O RELACIONADAS</b>	1
2.1. GENERALES	1
2.2. TÉCNICAS	1
<b>3. GLOSARIO</b>	1
<b>4. RECOMENDACIONES</b>	2
4.1. GENERALES	2
<b>5. DESARROLLO</b>	3
5.1. PUNTO DE TANGENCIA ENTRE EL ELIPSOIDE MODIFICADO Y EL PLANO CARTESIANO	3
5.2. CÁLCULO DEL CENTROIDE DE LOS POLÍGONOS DE LOS CENTROS POBLADOS	4
5.3. CÁLCULO DE LAS COORDENADAS MAGNA-SIRGAS	5
5.4. CÁLCULO DE LAS COORDENADAS GAUSS-KRÜGER	5
5.5. CÁLCULO DEL PLANO MEDIO DE PROYECCIÓN	5
5.6. ALMACENAMIENTO Y PUBLICACIÓN DEL ORIGEN PLANO CARTESIANO	6
5.7. PRODUCTO NO CONFORME	6
<b>6. IDENTIFICACIÓN DE CAMBIOS</b>	6

	<b>METODOLOGÍA</b>	Pág. 1 de 6
	DEFINICIÓN ORÍGENES PLANOS CARTESIANOS	Cód. M30100-02/14 V2
	<b>GRUPO INTERNO DE TRABAJO GEODESIA</b>	Fecha Junio de 2014

## 1. OBJETIVO Y ALCANCE

Establecer los lineamientos para generar, definir, certificar y publicar las coordenadas geográficas y planas en el sistema de referencia MAGNA-SIRGAS para los orígenes planos cartesianos, que son el insumo base para la construcción de las proyecciones cartográficas locales y a su vez son los modelos cartográficos que cumplen con las precisiones requeridas para estudios urbanos a escalas grandes debido que minimizan las deformaciones de la proyección Gauss Krüger.

Esta metodología está dirigida a funcionarios y/o contratistas del Grupo Interno de Trabajo Geodesia de la Subdirección de Geografía y Cartografía, encargados de definir y generar los orígenes planos cartesianos.

## 2. NORMAS TÉCNICAS O RELACIONADAS

### 2.1. GENERALES

- Resolución 068 de Enero 28 de 2005 por la cual se adopta como único Datum oficial de Colombia el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: MAGNA-SIRGAS.

### 2.2. TÉCNICAS

- Estándar nacional de precisión de datos espaciales (Comité Técnico 0028).
- Resoluciones técnicas y estándares de la Asociación Internacional de Geodesia (IAG: International Association of Geodesy).
- Resoluciones técnicas y estándares del Comité SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas).
- Resoluciones técnicas y estándares del Servicio Internacional GPS (IGS: International GPS Service).
- Resoluciones técnicas, estándares y convenciones del Servicio Internacional de Rotación Terrestre y Sistemas de Referencia (IERS: International Earth Rotation and Reference Systems Service)

## 3. GLOSARIO

Altura (snmm)	Medida referida sobre el nivel medio del mar.
Altura elipsoidal	Distancia vertical entre el elipsoide y un punto en la superficie terrestre, medida a lo largo de la normal al elipsoide que pasa por el punto de interés.
Altura nivelada	Distancia vertical medida entre dos puntos mediante observaciones ópticas de los desniveles existentes entre ellos. Puede ser geométrica o trigonométrica.
Certificación de origen cartésiano	Documento oficial de uso interno del IGAC que certifica la información asociada al origen plano cartésiano. Contiene las coordenadas MAGNA-SIRGAS, las coordenadas planas asociadas y el plano de proyección.
Coordenadas Elipsoidales	Conocidas también como coordenadas geográficas o curvilíneas, corresponden con las cantidades latitud y longitud, las cuales se expresan en el sistema sexagesimal de grados, minutos y segundos.
Coordenadas Planas	Medida de una ubicación sobre la superficie de la tierra expresada en metros.
Código EPSG	Acronimo de European Petroleum Survey Group. Es un sistema de identificador de referencia espacial, que contiene una base de datos con los diferentes sistemas de referencia estandarizados, utilizados en cartografía.
Dátum Geodésico	Orientación y ubicación del elipsoide asociado a un sistema coordenado (X, Y, Z), si éste es geocéntrico se tendrá un Datum Geodésico Geocéntrico o Global; si es local se tendrá un Datum Geodésico Local.
Dátum Geodésico Geocéntrico o Global	Permite establecer las coordenadas para un punto con respecto a la misma superficie de referencia, el elipsoide. En estos, la tercera coordenada se conoce como altura geodésica o elipsoidal (h).

Dátum Geodésico Local	También se conocen como Datum Horizontales, dado que la determinación de la altura (H) de los puntos es independiente de sus coordenadas horizontales ( $\varphi$ , $\lambda$ ).
Elipsoide de referencia	Superficie matemática aproximada al geoide, cuya dimensión y orientación se definen de tal manera que se ajuste óptimamente al geoide en una región o a nivel global. Es la superficie de referencia para la definición de coordenadas (posiciones) horizontales, no incluye referencia física para las alturas.
Georreferenciar	Definir su existencia en el espacio físico. Es decir, establecer su ubicación en términos de proyecciones de mapas o sistemas de coordenadas.
MAGNA-SIRGAS	Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas, es el actual Dátum geodésico horizontal para Colombia.
Modelo Digital de Terreno - DTM o MDT	Representación cuantitativa en formato digital de la superficie terrestre, contiene información acerca de la posición (X, Y) y la altitud (Z) de los elementos de la superficie.
Origen Plano Cartesiano	Origen cartesiano es el punto de tangencia entre un plano cartesiano bidimensional y el elipsoide de revolución que ha sido modificado en sus componentes geométricos (semieje mayor) de acuerdo con la altura media del sitio a cartografiar.
Proyección Gauss-Krüger	Representación conforme del elipsoide sobre un plano, es decir que el ángulo formado entre dos líneas sobre la superficie terrestre se mantiene al ser estas proyectadas sobre un plano. Los meridianos y paralelos se interceptan perpendicularmente, pero no son líneas rectas, sino curvas complejas, excepto el meridiano central (de tangencia) y el paralelo de referencia. La escala de representación permanece constante sobre el meridiano central.

#### 4. RECOMENDACIONES

##### 4.1. GENERALES

- Revise la base de datos del sistema GEOCARTO, antes de definir un origen plano cartesiano, para verificar si el origen ya fue creado.
- Verifique al momento de realizar los cálculos, que los orígenes planos cartesianos estén vinculados al sistema oficial de referencia nacional MAGNA-SIRGAS.
- Tenga presente que un origen plano cartesiano tiene un área de influencia máxima de 20 km, después de los 20 km la proyección sufre deformaciones que afectan la propiedad de conformidad. Un origen plano cartesiano tiene una diferencia máxima de altura de 250 metros, después de esta altura la proyección sufre deformaciones que afectan la propiedad de conformidad.
- Para la definición de orígenes planos cartesianos debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:
  - Evitar la deformación de la proyección cartesiana, siendo necesario llevar el nivel de referencia del elipsoide a un plano medio local, que corresponde a la altura media sobre el nivel del mar de la zona a cartografiar, como se puede observar en la figura 1.

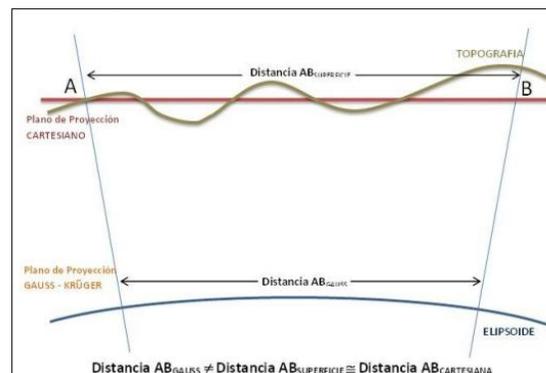


Figura 1. Deformaciones de la proyección Gauss-Krüger, para escalas Grandes

- Tenga presente que el falso norte y falso este, corresponden a las coordenadas planas Gauss-Krüger del centroide geográfico del sitio de interés.
- o Para cartografiar centros urbanos surge la necesidad de modificar la proyección Gauss – Krüger, con el fin de lograr una proyección local conforme que se adapte a las necesidades de la generación de cartografía a escalas grandes (1:1 000 a 1:5 000). Esto se realiza a través de la asociación de un origen plano cartesiano a la zona de interés.
- o Un origen plano cartesiano contiene:
  - Nombre: está compuesto por el departamento, el municipio, el centro poblado (si es el caso) y el año de definición del origen, con la siguiente estructura: ANTIOQUIA - NECHÍ - LA CONCHA – 2010.
  - Coordenadas elipsoidales MAGNA-SIRGAS: corresponden a las coordenadas geodésicas (latitud y longitud) del centroide del área a cartografiar.
  - Coordenadas planas asignadas: corresponden a las respectivas coordenadas planas Gauss-Krüger del punto centroide.
  - Plano de proyección: corresponde a la altura sobre el nivel medio del mar del centro urbano.

## 5. DESARROLLO

### 5.1. PUNTO DE TANGENCIA ENTRE EL ELIPSOIDE MODIFICADO Y EL PLANO CARTESIANO

- o Solicitar la información primaria de la cobertura en formato shapefile (\*.shp) tipo polígono, con la delimitación oficial de los centros poblados y el Modelo Digital de Terreno a 30 metros. Este insumo es suministrado por el GIT Productos Cartográficos.
- o Para generar cartografía a escalas grandes que cumplan con la propiedad de conformidad, donde un ángulo formado por dos líneas en la superficie del terreno debe mantenerse similar al proyectarse sobre un plano, es necesario utilizar proyecciones locales que se ajusten a las condiciones del sitio de interés.
- o Para definir dichas proyecciones es necesario establecer el punto de tangencia entre el elipsoide modificado y el plano cartesiano. Este punto conocido como origen cartesiano, se crea a partir del centro de del polígono que delimita el centro poblado o sitio de interés.
- o En la figura 2, se puede observar un diagrama del procedimiento, donde las elipses verdes identifican los productos esperados y los cuadros amarillos identifican los procesos, donde:

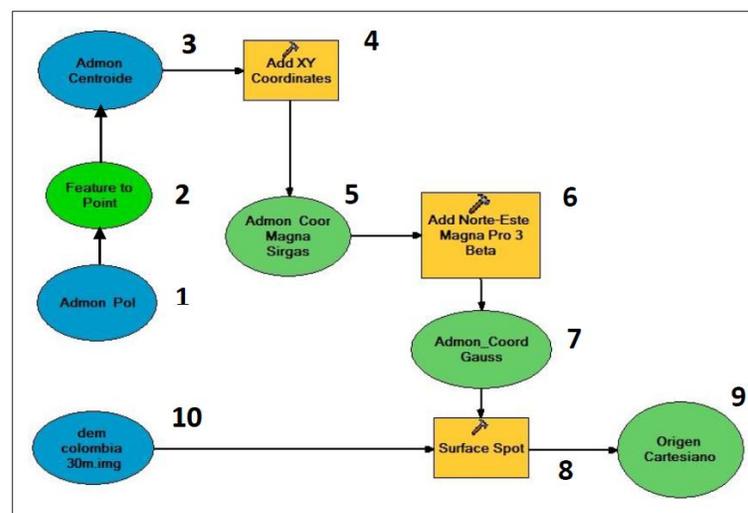


Figura 2. Flujograma de procesos para el cálculo de orígenes planos cartesianos.

Donde:

1. *Admon Pol*: Cobertura que contiene la delimitación de los perímetros de los diferentes centros poblados presentes en el territorio Colombiano. Tipo polígono, formato shapefile.

2. *Feature to point*: Proceso en el cuál se calcula el centroide de los polígonos que delimitan los centros poblados.
3. *Admon\_Centroide*: Cobertura de salida del proceso anterior que contiene el centroide calculado de los polígonos. Tipo punto, formato shapefile.
4. *Add XY Coordinates*: Proceso en el cuál se calculan las coordenadas geodésicas (latitud y longitud) del centroide de los polígonos.
5. *Admon\_Coor Magna Sirgas*: Cobertura de salida del proceso anterior. Tipo punto, formato shapefile.
6. *Add Norte-Este Magna Pro 3 Beta*: Proceso en el cuál se calculan las coordenadas Gauss-Kruger, con el software Magna Sirgas Pro 3.
7. *Admon\_Coor Gauss*: Producto de salida del proceso anterior. Formato \*.csv (texto separado por comas).
8. *Surface\_Spot*: Proceso de la herramienta 3D Analyst de ArcGIS, con el que se calcula la altura promedio de una zona específica, a partir de un modelo digital de elevación.
9. *Origen plano cartesiano*: Producto final que combina los anteriores procesos. Formato shapefile o \*.xls (Excel).
10. *Dem\_Colombia 30.img*: Cobertura de entrada. Modelo digital de elevación SRTM.

## 5.2. CÁLCULO DEL CENTROIDE DE LOS POLÍGONOS DE LOS CENTROS POBLADOS

- Como punto de partida se toma la cobertura con la delimitación oficial de los centros poblados suministrada por el GIT Productos Cartográficos.
- Esta cobertura contiene en sus atributos el nombre del centro poblado, al igual que una característica que permite identificar si es cabecera urbana, corregimiento, caserío, o Inspección de Policía. Al cargar la cobertura en un software de procesamiento de datos espaciales, se visualizan los perímetros urbanos de cada centro poblado con topología tipo polígono.
- El centroide de dicho polígono corresponde al punto de tangencia de la superficie de referencia y la proyección cartesiana. Diferentes aplicaciones como ArcGIS, gvSIG o Quantum GIS poseen herramientas que realizan el cálculo de los centros de masa o centros geométricos.
- Como resultado se obtiene el centroide de los centros poblados de interés. Es importante tener en cuenta que hay cascos urbanos que están separados por barreras físicas como ríos o accidentes geográficos. En estos casos si no se tiene precaución se pueden generar dos valores de centroide para una misma zona.
- En la figura 3, se puede observar cómo los cascos urbanos de los municipios de Girardot, Flandes y Ricaurte, están representados por dos o más polígonos.
- Cuando se presenten estos casos se escoge uno de los puntos centroide creados, o se pueden combinar los centros poblados con la función multipolygon (ArcGIS), donde se asocian varias figuras a un solo registro, por ende calculando el centro de masas del sistema de polígonos.

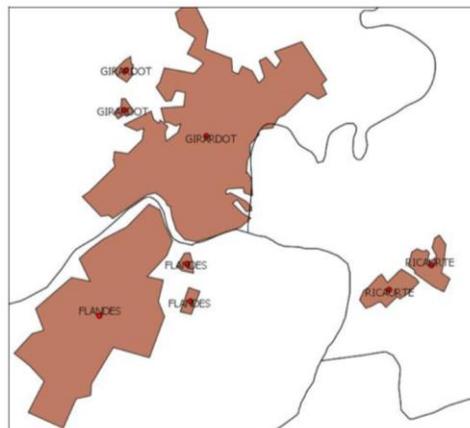


Figura 3. Centros poblados fraccionados

 <p><b>IGAC</b> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI</p>	<b>METODOLOGÍA</b>	Pág. 5 de 6
	DEFINICIÓN ORÍGENES PLANOS CARTESIANOS	Cód. M30100-02/14 V2
	<b>GRUPO INTERNO DE TRABAJO GEODESIA</b>	Fecha Junio de 2014

### 5.3. CÁLCULO DE LAS COORDENADAS MAGNA-SIRGAS

- Verificar que la cobertura de entrada se encuentre referida al sistema de referencia oficial para Colombia MAGNA-SIRGAS (código EPSG 4686), compatible con SIRGAS (código EPSG 4989) y WGS84 (código EPSG SR-ORG: 14), antes de realizar el cálculo de las coordenadas del punto que representa el centroide del polígono.
- El resultado del cálculo de las coordenadas MAGNA-SIRGAS, se obtienen las coordenadas en grados decimales (Grados + minutos/60 + segundos/3600) de latitud y longitud. La longitud en todo caso tiene que estar acompañada del signo negativo (-), lo que indica que la longitud está medida al oeste del meridiano cero (Greenwich). Si el punto centroide se encuentra en el extremo sur del país puede que tenga el signo negativo (-) en la latitud por estar debajo del paralelo de origen, El Ecuador.

### 5.4. CÁLCULO DE LAS COORDENADAS GAUSS-KRÜGER

- En este paso se incorpora en el sistema GEOCARTO la información del origen (Municipio, Departamento, año de generación, coordenadas geodésicas y plano de proyección), el cual calcula las coordenadas planas para el punto.
- Otro mecanismo de verificación es con el uso del software para la conversión y/o transformación de coordenadas MAGNA SIRGAS PRO 3.
- Se puede realizar el cálculo punto a punto o masivamente a través de un archivo de texto (\*.csv) donde se registra un ID (identificación del punto) por punto y las coordenadas elipsoidales del mismo.
- Este aplicativo se descarga de la página institucional del IGAC [www.igac.gov.co](http://www.igac.gov.co), en la pestaña Trámites y Servicios – Información Geodésica. También puede descargarse el manual de usuario, donde se especifica el funcionamiento de las diversas herramientas del programa.
- Es muy importante tener en cuenta el origen correspondiente de las coordenadas Gauss-Krüger. MAGNA SIRGAS PRO 3 posee una opción para el cálculo automático de acuerdo con la posición geográfica del punto de interés. En caso de que se realice manualmente, es necesario verificar la posición del origen plano cartesiano respecto a los 6 Orígenes Gauss–Krüger oficiales para el territorio Colombiano (Magna Central, Magna Este, Magna Este-Este, Magna Oeste, Magna Oeste-Oeste y Magna Insular).

### 5.5. CÁLCULO DEL PLANO MEDIO DE PROYECCIÓN

- Este cálculo se obtiene al realizar un perfil que muestra distancia vs altura, teniendo como insumo base el modelo digital de elevación Misión Topográfica Radar Shuttle - SRTM a 30 metros. Para cumplir con la propiedad de conformidad, es necesario que la proyección este en un plano medio de altura que cubra la región a cartografiar.
- Otro método de cálculo del plano medio de proyección es el denominado “surface spot” (superficie de punto), que se encuentra dentro del paquete 3D Analyst de ArcGIS. Este genera una kernel de 3 x 3 píxeles alrededor del punto de origen cartesiano, asignando como valor de altura la interpolación bilineal de los píxeles adyacentes, es decir se realiza el promedio aritmético de los valores presentes en los píxeles cercanos.
- La precisión del modelo digital de elevación puede llegar a los  $\pm 16$  metros (NASA, 2011a), aunque algunos autores (Rodríguez et al., 2006; Reuter et al., 2007; Fan et al., 2010), precisan que en zonas montañosas la imprecisión puede llegar a los 30 metros.
- Para verificar si el modelo de elevación SRTM es aplicable a la metodología, se debe realizar el ejercicio de comparar las diferencias entre planos medios de proyección calculados a partir de puntos geodésicos y planos medios de proyección calculados a partir del modelo digital de elevación SRTM con el método “surface spot”.
- Como resultado del ejercicio se encontró que en zonas de relieve pronunciado la diferencia se encuentra dentro del rango de  $\pm 20$  a 30 metros, y en zonas planas el rango se encuentra entre  $\pm 1$  a 10 metros.
- Además estadísticos de las diferencias, como la media (2,59) y la desviación estándar (11,26), demuestran que los rangos de variabilidad no son significativos, teniendo en cuenta que el rango permisible entre las diferencias de altura para un origen plano cartesiano es del orden de los 250 metros.

	<b>METODOLOGÍA</b>	Pág. 6 de 6
	DEFINICIÓN ORÍGENES PLANOS CARTESIANOS	Cód. M30100-02/14 V2
	<b>GRUPO INTERNO DE TRABAJO GEODESIA</b>	Fecha Junio de 2014

## 5.6. ALMACENAMIENTO Y PUBLICACIÓN DEL ORIGEN PLANO CARTESIANO

La información de los orígenes planos cartesianos es almacenada en la base de datos de orígenes planos cartesianos del Sistema de Información Geográfica y Cartográfica GEOCARTO y la publicación gratuita se realiza a través del visor de puntos geodésicos del GEOPORTAL de la página institucional.

## 5.7. PRODUCTO NO CONFORME

- Cuando se identifica que la información de los orígenes planos cartesianos, tiene alguna no conformidad, se debe realizar el proceso de revisión de la información en la base de datos del Sistema de Información Geográfica y Cartográfica GEOCARTO, el histórico de orígenes que tenga el municipio.
- La inconformidad se puede realizar a través del módulo de inconformidades del sistema GEOCARTO, memorando interno o correo electrónico al coordinador del GIT Geodesia.
- Realizar el proceso correspondiente, registrar en la base de datos los cambios e informar al área que identifico la inconformidad.

## 6. IDENTIFICACIÓN DE CAMBIOS

VERSIÓN	CAPÍTULO	DESCRIPCIÓN	FECHA
2	1.	Se elimina el capítulo de introducción y en su lugar se incluye objetivo y alcance, teniendo en cuenta los lineamientos del Manual de procedimientos de elaboración, actualización y control de documentos y formatos establecidos para el SGI.	Junio de 2014
	2.	Se modifica el capítulo de glosario – definiciones por normas técnicas y/o relacionadas, incorporando nuevas responsabilidades para su publicación y manejo de inconformidades.	
	3.	Se modifica el capítulo normas técnicas y/o relacionadas por glosario teniendo en cuenta los lineamientos del Manual de procedimientos de elaboración, actualización y control de documentos y formatos establecidos para el SGI.	
	5.	Se elimina el capítulo de recursos (talento humano y equipos), teniendo en cuenta los lineamientos del Manual de procedimientos de elaboración, actualización y control de documentos y formatos establecidos para el SGI. Pasa a ser el capítulo de Desarrollo teniendo en cuenta los lineamientos del Manual de procedimientos de elaboración, actualización y control de documentos y formatos establecidos para el SGI, dentro de la cual se incluye la información del ítem 5.3.Insumos del anterior capítulo 5.Recursos.	
	6.	Se genera el capítulo de identificación de cambios por la generación de la versión dos de la metodología.	

ELABORÓ GRUPO INTERNO DE TRABAJO GEODESIA

\_\_\_\_\_  
Nelly Andrea Rincón Vasquez

REVISÓ METODOLÓGICAMENTE GRUPO INTERNO DE DESARROLLO ORGANIZACIONAL

\_\_\_\_\_  
Mónica Rosanía Sandoval Araque

VERIFICÓ TÉCNICAMENTE GRUPO INTERNO DE TRABAJO GEODESIA

\_\_\_\_\_  
Orlando Alfonso López Pérez

VALIDÓ Y APROBÓ SUBDIRECCIÓN DE GEOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA (E)

\_\_\_\_\_  
Claudia Inés Sepúlveda Fajardo

OFICIALIZÓ OFICINA ASESORA DE PLANEACIÓN

\_\_\_\_\_  
Martha Patricia Camacho Hernández