

ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE CONVERSIÓN DE COORDENADAS DEL
SISTEMA DE COORDENADAS EPSG 6249 (MAGNA SIRGAS ORIGEN CALI) AL
SISTEMA DE COORDENADAS EPSG 9377 (MAGNA SIRGAS ORIGEN ÚNICO
NACIONAL)**

SEPTIEMBRE DE 2025



CONTENIDO

	Página
CONTENIDO	2
INTRODUCCIÓN.....	4
1. OBJETIVO.....	6
2. METODOLOGÍA.....	6
2.1 CONVERSIÓN DE COORDENADAS Y CÁLCULO DE PROPIEDADES.....	7
3. DESCRIPCIÓN DE INSUMOS.....	9
3.1. CAPAS GEOGRÁFICAS.....	9
3.2. SISTEMAS DE COORDENADAS.....	10
3.2.1 Sistema de coordenadas EPSG:6249 (MAGNA Origen Cali).....	10
3.2.2 Sistema de coordenadas EPSG:9377 (MAGNA Origen Único Nacional).....	12
4. RESULTADOS	18
4.1. CAPAS GEOGRÁFICAS DEL DAP.....	18
4.2. CAPAS GEOGRÁFICAS DE LA CVC.....	21
4.3. CAPAS GEOGRÁFICAS BÁSICAS DE CATASTRO (2023).....	25
4.4. CAPAS DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICO.....	27
4.5 RESUMEN DE LOS RESULTADOS.....	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

LISTADO DE TABLAS

Página

Tabla 1. Insumo de datos cartográficos.....	9
Tabla 2. Parámetros del Sistema de Coordenadas Cartesianas MAGNA origen Cali...	12
Tabla 3. Comparativa entre proyecciones.....	14
Tabla 4. Parámetros del Sistema de Coordenadas Cartesianas MAGNA origen Cali...	15
Tabla 5. Parámetros comparativos del sistema local y nacional.	17
Tabla 6. Comparativa de los resultados encontrados.....	30

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama metodológico.....	7
Figura 2. Diagrama metodológico.....	8
Figura 3. Representación de un sistema de coordenadas planas cartesianas.....	11
Figura 4. Representación de un sistema de coordenadas planas cartesianas.....	11
Figura 5. Representación de un sistema de coordenadas planas cartesiana.	13
Figura 6. Esquema de la proyección Transversa de Mercator con Origen Único para Colombia.....	15
Figura 7. Representación de la distorsión ocasionada por la proyección EPSG:9377.....	16
Figura 8. Distribución de los porcentajes de cambio en valores de área, cartografía DAP.	18
Figura 9. Distribución de los porcentajes de cambio en valores de longitud, cartografía DAP.	20
Figura 10. Variabilidad del área proyectada desde EPSG:6249 a EPSG:9377.....	21
Figura 11. Distribución de los porcentajes de cambio en las capas del DAP.....	22
Figura 12. Variabilidad del área proyectada desde EPSG:3115 a EPSG:9377.....	24
Figura 13. Distribución de los porcentajes de cambio en valores de longitud, cartografía DAP.....	25
Figura 14. Distribución de los porcentajes de cambio en valores de área, cartografía Catastro.....	26
Figura 15. Distribución de los porcentajes de cambio en valores de longitud, cartografía DAP.....	27
Figura 16. Distribución de los porcentajes de cambio en las capas del DAP.....	28
Figura 17. Distribución de los porcentajes de cambio en valores de longitud, cartografía DAP.....	30

INTRODUCCIÓN

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC implementó mediante las Resoluciones 471 y 529 de 2020, un sistema oficial de coordenadas planas para Colombia, con un único origen denominado “Origen Nacional”, referido al Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, también denominado MAGNA-SIRGAS. Lo anterior, de acuerdo con el Instituto: “buscando garantizar homogeneidad, interoperabilidad, compatibilidad y continuidad en la representación de los elementos del territorio colombiano, en sus zonas urbanas y rurales, así como facilitar los trabajos relacionados con la gestión de coordenadas en el país”.

Posteriormente, mediante la Resolución 370 de 2021 ratificó el sistema de coordenadas mediante la asignación del código EPSG¹ 9377, su funcionalidad, usabilidad y obligatoriedad para la generación y actualización de datos geográficos por parte de las entidades públicas. Adicionalmente, derogó la Resolución 399 de 2011, por la cual se definían los distintos orígenes cartográficos de los sistemas de coordenadas regionales y cartesianos, como MAGNA Origen Cali (EPSG:6249).

Si bien, estos actos administrativos están soportados por documentos técnicos que recopilan los antecedentes, describen la necesidad, el marco metodológico y características técnicas del nuevo sistema de coordenadas, así como su nivel de tolerancia; algunos Organismos o Entidades, así como profesionales del área de la geomática, han manifestado considerables inconsistencias en los valores obtenidos al momento de calcular propiedades como la longitud y el área de aquellos objetos geográficos que se han convertido al nuevo sistema de coordenadas, respecto a los mismos valores obtenidos sobre los sistemas de coordenadas regionales o cartesianos tradicionales; por lo tanto, dichas discrepancias afectan los procedimientos técnicos o las decisiones que se tomen basadas en la magnitud de dichas variables.

En contra parte, el IGAC ha indicado que el cálculo de dichas propiedades en el sistema EPSG:9377, deberían tener una diferencia de hasta +/- 1% para todo del territorio

¹ EPSG Geodetic Parameter Dataset: <https://epsg.io/> [Disponible Online]



colombiano, y que esta diferencia está dentro del rango de tolerancia en errores que se manejan en Colombia.

En el contexto local, el Departamento Administrativo de Planeación (DAP) adoptó el marco de referencia MAGNA SIRGAS y el Sistema de Coordenadas MAGNA Origen Cali (EPSG:6249) mediante el Decreto 728 de 2015, el cual fue acogido por los Organismos que conforman la Administración Distrital, así como las distintas entidades privadas que tienen jurisdicción en la ciudad.

Desde ese momento, el EPSG:6249 ha sido el sistema de coordenadas oficial de Santiago de Cali y se ha usado con gran aceptación gracias a su rigurosidad técnica y precisión. Por tal motivo, no se han realizado acciones orientadas a la adopción del EPSG:9377 por el impacto que podría tener sobre procedimientos o situaciones que se requiere los niveles de precisión que se han obtenido con el sistema de coordenadas cartesianas con el que se trabaja actualmente.

Para ir evaluando los pros y contras de realizar una conversión, el presente documento presenta los resultados del proceso de evaluación del impacto que tiene la conversión de coordenadas entre los sistemas de coordenadas EPSG 6249 a EPSG 9377, sobre las propiedades de perímetro y área de objetos geográficos de distintas fuentes cartográficas. Como una herramienta que permita cuantificar dicho impacto y que sirva como soporte a la decisión de si es pertinente realizar el cambio o no.

Se utilizaron datos de cartografía básica y temática (líneas y polígonos) del DAP, la Subdirección de Catastro, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC; así como también, datos de planos topográficos a escala detallada. Con los datos obtenidos, se calculó la longitud o perímetro y el área de los objetos geográficos. Seguidamente, se identificaron los porcentajes de cambio y se estimaron algunos estadísticos descriptivos que permitieron corroborar si la diferencia en valores se encuentra dentro de los márgenes que sugiere el IGAC.



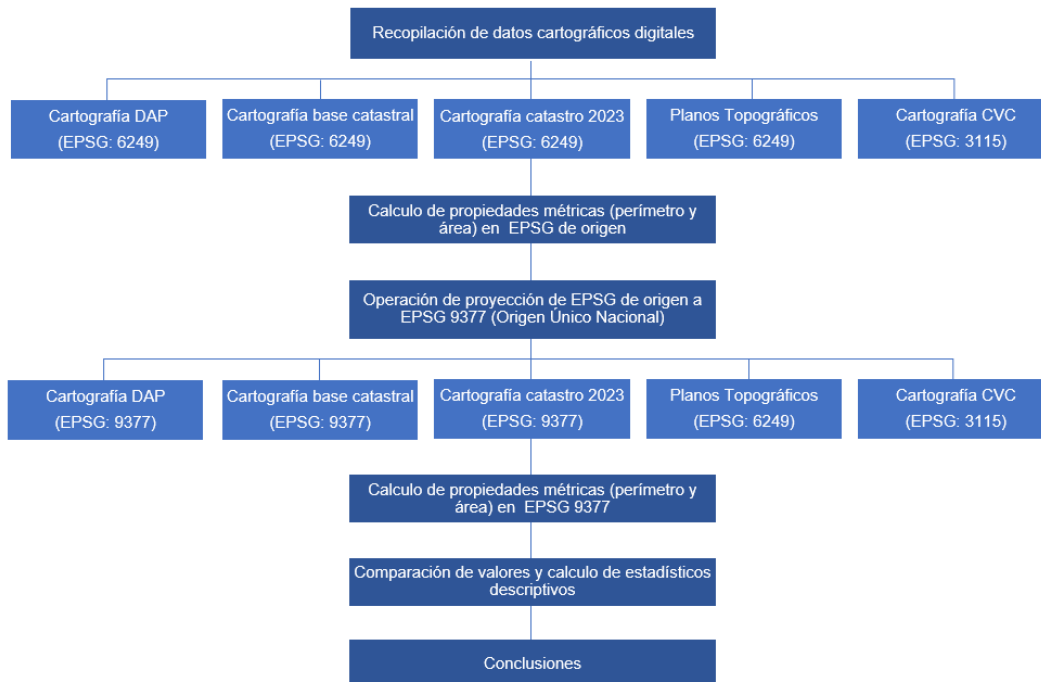
1. OBJETIVO

Evaluar el impacto que tiene el proceso de conversión de coordenadas entre los sistemas de coordenadas EPSG 6249 a EPSG 9377, sobre las propiedades de perímetro y área de objetos geográficos de distintas fuentes cartográficas.

2. METODOLOGÍA

El procedimiento metodológico se organizó en seis etapas, presentadas en la figura 1. En la primera se realizó la recopilación de los datos de cartografía básica y temática (líneas y polígonos) del DAP, la Subdirección de Catastro y la CVC; así como también, datos de planos topográficos a escala detallada; seguidamente, se estimó el área y perímetro de los objetos, se realizó la conversión de coordenadas mediante la herramienta de conversión de ArcGIS Pro (desde EPSG:6249 y EPSG:3115 hacia EPSG:9377). Con los datos obtenidos, se calculó nuevamente las propiedades métricas, pero sobre las capas ya proyectadas en el Origen Único Nacional. En el paso siguiente, se identificó los porcentajes de cambio y se estimaron algunos estadísticos descriptivos que permitieron corroborar si la diferencia en valores se encuentra dentro de los márgenes que sugiere el IGAC. Para finalizar, se llevó a cabo el análisis de resultados y se establecen las conclusiones y recomendaciones.

Figura 1. Diagrama metodológico.

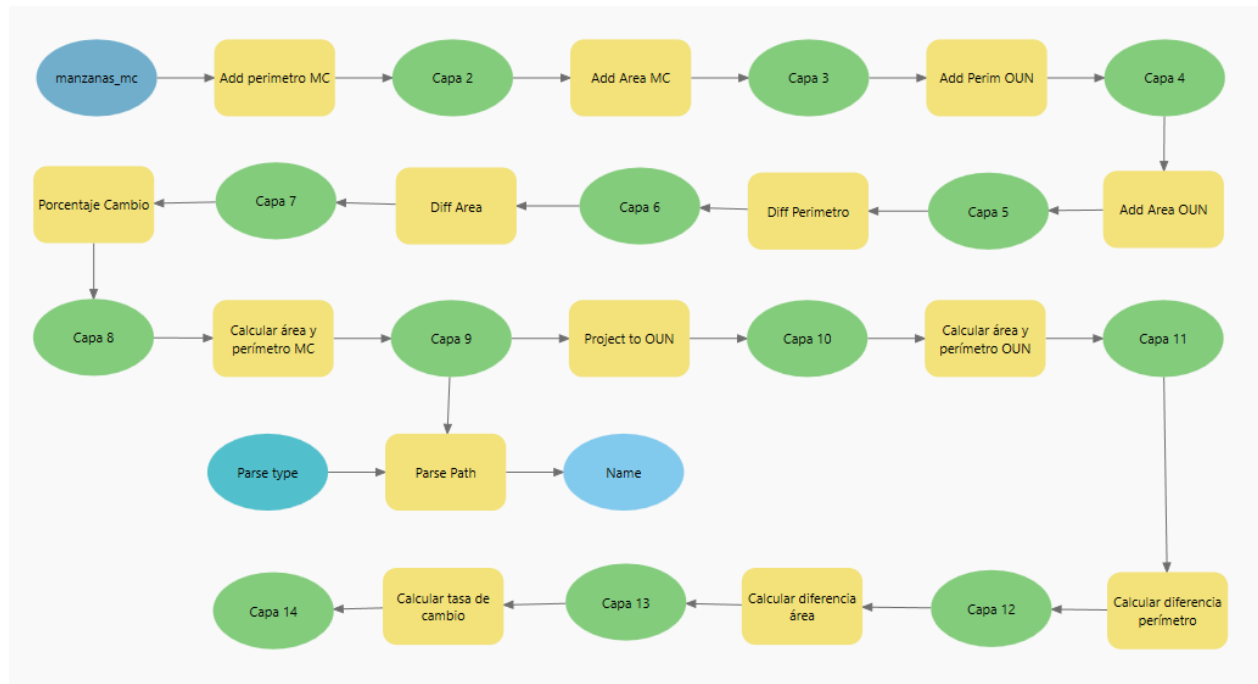


Fuente: Elaboración propia.

2.1 CONVERSIÓN DE COORDENADAS Y CÁLCULO DE PROPIEDADES.

Como se mencionó anteriormente, ArcGIS Pro (versión 3.2) de ESRI, fue la herramienta elegida para realizar la conversión de coordenadas y el cálculo de las propiedades de área y perímetro. Y en ese orden de ideas, dado que el flujo de trabajo que se presentó en la figura 1, es de carácter repetitivo, se decidió elaborar un script automatizado con la funcionalidad Model Builder que dispone el ArcGIS Pro. Como se aprecia en la figura 2, el script inicia con una capa geográfica que debe tener el sistema de coordenadas EPSG 6249 o 3115 y termina con una capa con coordenadas en EPSG 9377, a la que previamente se ha realizado una serie de tareas que se enumeran a continuación.

Figura 2. Diagrama metodológico.



Fuente: Elaboración propia.

1. Inicia con una capa vectorial en coordenadas EPSG 6249 o 3115.
2. Se le añaden siete campos o atributos que almacenarán los datos de perímetro y área de cada objeto geográfico, así como también las variaciones o diferencias y por último la tasa de cambio en porcentaje.
3. Se estiman los parámetros área y perímetro en el sistema de coordenadas de origen.
4. Se realiza la operación de conversión entre el EPSG de origen hacia el EPSG 9377.
5. Se estiman los parámetros área y perímetro en el sistema de coordenadas EPSG 9377.
6. Se calcula la diferencia o deltas de los valores del perímetro de un objeto a partir de su valor calculado en el EPSG de origen, respecto al EPSG:9377 (Perímetro_OUN – Perímetro_MC).

7. Se calcula la diferencia o deltas de los valores del área de un objeto a partir de su valor calculado en el EPSG de origen, respecto al EPSG:9377 (Área_OUN – Área_MC).
8. Se calcula la tasa de cambio de área (para el caso de polígonos) o de perímetros (para el caso de objetos lineales). Este procedimiento nos permite identificar cual es el porcentaje de cambio sobre la propiedad estimada una vez se ha convertido al EPSG 9377. Se utilizó la siguiente expresión de Python:

$$\text{round}(((!Diff_area! / !area_m_mc!) * 100), 2).$$

3. DESCRIPCIÓN DE INSUMOS.

En esta sección se presenta de manera general los insumos empleados para la evaluación de la conversión de coordenadas.

3.1. CAPAS GEOGRÁFICAS.

Se recopiló datos cartográficos en formato vectorial, tipo línea y polígonos, provenientes de distintas fuentes, a diferentes escalas de referencia, sistema de coordenadas y años de generación. También se recopiló datos de levantamientos topográficos, dado que como son una fuente de datos de mayor precisión y nivel de detalle, es importante conocer que efecto tendrá la conversión sobre ellos. A continuación, se presenta una tabla que resumen los datos recopilados:

Tabla 1. Insumo de datos cartográficos.

Fuente de datos	Capas	Tipo	Año generación	EPSG origen	Escala referencia
DAP	- Áreas de manejo rural - Áreas forestales protectoras del recurso hídrico - Manzanas	Polígono	2015	6249	1:5000 y 1:2000
	- Jerarquización vial - Quebradas	Línea	1995, 2015	6249	1:5000



Fuente de datos	Capas	Tipo	Año generación	EPSG origen	Escala referencia
Catastro	- Terrenos - Construcciones rural - Bosque rural - Bosque urbano	Polígono	2023	6249	1:5000 y 1:2000
	- Drenaje rural - Vía rural - Límite vía urbano	Línea	2023	6249	1:5000
CVC	- División política - Ecosistemas - Uso Potencial - Zonificación Forestal	Polígono	2013, 2019	3115	1:25000
	- Vía - Drenaje	Línea	2015	3115	1:25000
Levantamientos topográficos	- Sector San Nicolás - Parque Brisas de los Andes - Parque Urb. Barranquilla - Parque Urb. Venezuela - Predio barrio San Fernando	Polígono	2023, 2025	6249	1:500

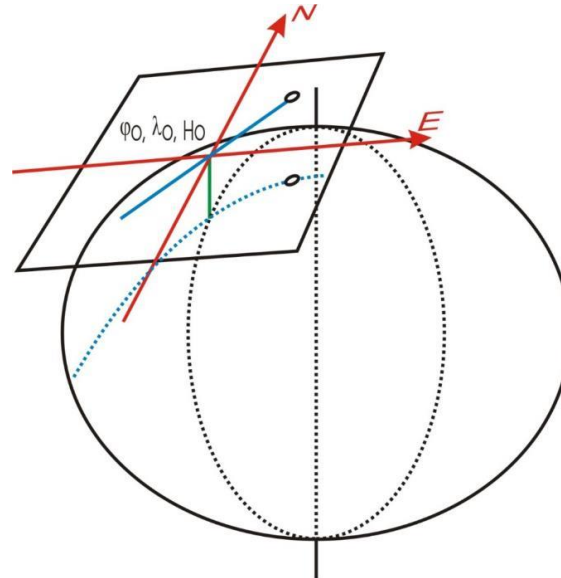
Fuente: Elaboración propia.

3.2. SISTEMAS DE COORDENADAS.

En esta sección se presenta una breve descripción de las características de los sistemas de coordenadas evaluados.

3.2.1 Sistema de coordenadas EPSG:6249 (MAGNA Origen Cali). Para escalas 1:5000 y más detalladas (1:2000... 1:500) se debe utilizar un sistema de proyección cartesiana, el cual corresponde con una proyección conforme del elipsoide sobre un plano paralelo al plano tangente al elipsoide en el punto origen. La separación entre estos dos planos (el de proyección y el tangente) equivale a la altura media de la región a representar (factor conocido como plano de proyección) (IGAC, 2016), ver figura 3.

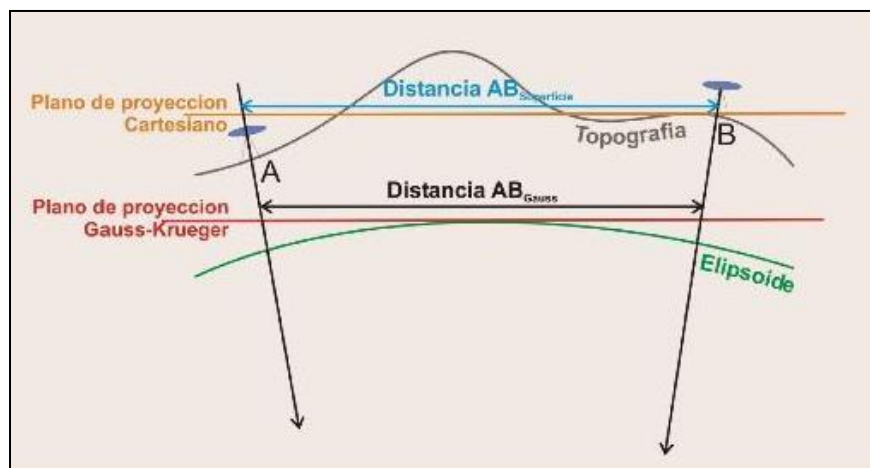
Figura 3. Representación de un sistema de coordenadas planas cartesianas.



Fuente: IGAC, 2005.

La principal diferencia entre las proyecciones Gauss-Krüger y la Cartesiana es que, en la primera, el plano de proyección es tangente al elipsoide; mientras que, en la segunda, el plano de proyección es paralelo, lo que permite que haya una mayor correspondencia entre las mediciones realizadas en el terreno y las mismas mediciones realizadas sobre un conjunto de datos asociados a la proyección cartesiana, ver figura 4.

Figura 4. Representación de un sistema de coordenadas planas cartesianas.



Fuente: IGAC, 2005.



De acuerdo con la documentación técnica que publicó el IGAC durante la adopción de MAGNA como marco de referencia oficial del país, debería existir un nuevo sistema cartesiano si las áreas representadas se encuentran a más de 20 km y/o difieren en 250 m de altitud del punto de origen. Por consiguiente, el EPSG 6249 está diseñado especialmente para ser en la zona urbana y periurbana de Santiago de Cali. Los parámetros del sistema de coordenadas se presentan a continuación:

Tabla 2. Parámetros del Sistema de Coordenadas Cartesianas MAGNA origen Cali².

Conjunto de Parámetros		
Sistema de Referencia	MAGNA SIRGAS	
Elipsoide	GRS80	
Proyección Cartográfica	Cartesiana	
Origen de la Zona	Cali	
Nombre IGAC	Valle del Cauca Cali 2009	
Nombre ESRI	MAGNA_Cali_Valle_del_Cauca_2009	
Nombre EPSG	MAGNA-SIRGAS / Cali Urban Grid - 6249	
Coordenadas Origen	Meridiano Central	76°31'14.025" Oeste
	Latitud de referencia	3°26'30.78" Norte
Plano de Proyección	1000 m	
Coordenadas Cartesianas	Falso Este	1'061.900,180 m
	Falso Norte	872.364,630 m
Nombre Unidad Lineal	Metro	
Metros por Unidad	1	

Fuente: Grupo IDESC – DAP, 2025.

3.2.2 Sistema de coordenadas EPSG:9377 (MAGNA Origen Único Nacional). Hasta el año 2020, la proyección cartográfica oficial en Colombia para la representación de coordenadas geográficas en un plano, era la Proyección Gauss-Krüger³. Este sistema, una adaptación de la Proyección Transversa de Mercator, fue oficialmente adoptado por la Resolución 399 de 2011 del IGAC y se basaba en el datum geocéntrico MAGNA-SIRGAS. La característica distintiva de Gauss-Krüger era su naturaleza "zonal", donde el territorio colombiano se dividía en múltiples husos de 3 grados de longitud. Cada huso

² Este factor de escala se usa en el contexto de algunas aplicaciones, como por ejemplo la de los colectores de datos GNSS o en las estaciones totales. En este caso se debe estimar mediante la fórmula:

$$F.E = \frac{a+P.P}{a}; \text{ donde } a \text{ es el semieje mayor del elipsoide GRS80 y P.P es el plano de proyección.}$$

³ ABC - Nueva proyección cartográfica para Colombia «Origen Nacional». Disponible Online:

https://origen.igac.gov.co/docs/ABC_Nueva_Proyeccion_Cartografica_Colombia.pdf

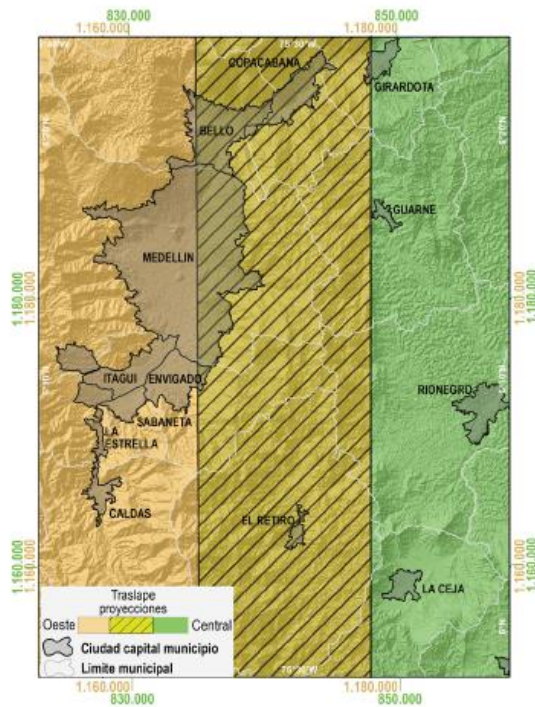
Centro Administrativo Municipal CAM Torre Alcaldía Piso 10

Teléfono: Teléfono: 6617055 Fax 8895630. www.cali.gov.co

poseía un meridiano de origen tangente al elipsoide, lo que generaba un conjunto de sistemas de coordenadas regionales en lugar de uno solo para todo el país.

“Este modelo, si bien funcional en una época donde la cartografía y la gestión de datos se realizaban a escala regional o local sin una interconexión masiva de bases de datos, comenzó a mostrar sus deficiencias con la necesidad de modernizar la administración territorial. La división en zonas generaba “discontinuidades topológicas de la información”, lo que complicaba significativamente los análisis espaciales que abarcaban regiones o la totalidad del país. La principal manifestación de este problema era la ambigüedad en las coordenadas: una misma ubicación física, situada en un área de traslape entre dos husos, podía tener dos juegos de coordenadas planas diferentes. El caso de la ciudad de Medellín sirve como un ejemplo ilustrativo, donde a un mismo punto le correspondían coordenadas tanto del origen “Oeste” como del origen “Central”, lo que generaba confusión y potenciales errores en la gestión de datos, ver figura 5. Esta duplicidad de datos era una barrera real para la interoperabilidad y la consistencia de la información”.

Figura 5. Representación de un sistema de coordenadas planas cartesianas.



Fuente: Elaborado a partir del ABC de la proyección “Origen Único”, 2020.
 Centro Administrativo Municipal CAM Torre Alcaldía Piso 10
 Teléfono: Teléfono: 6617055 Fax 8895630. www.cali.gov.co

La necesidad de un marco geográfico unificado se hizo imperativa con la visión de la ICDE, que busca disponer de información catastral "completa, continua, actualizada y correcta"². El sistema zonal era un cuello de botella para la interoperabilidad y la gestión moderna de datos, justificando la adopción de una proyección de origen único como una solución necesaria. La nueva proyección fue concebida para simplificar y agilizar el análisis espacial al eliminar las zonas de traslape, unificando toda la información en una única base de datos de coordenadas planas para la totalidad del territorio colombiano. Este cambio estratégico no solo resuelve las ambigüedades técnicas, sino que también establece una base sólida para procesos más eficientes y automatizados de la administración territorial. A continuación, se presenta una comparativa que ilustra las diferencias clave entre ambos sistemas:

Tabla 3. Comparativa entre proyecciones.

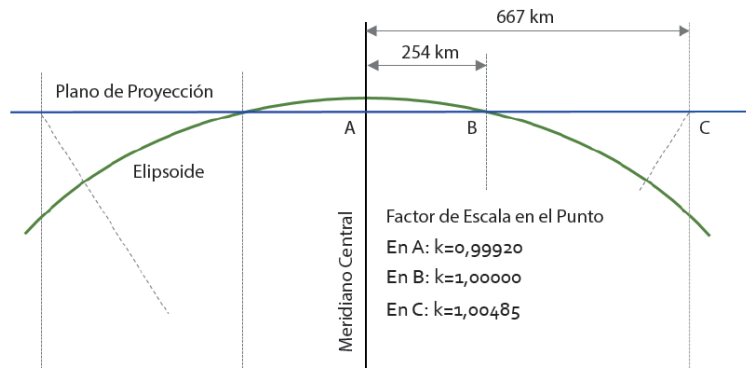
Característica	Proyección Gauss-Krüger	Proyección "Origen Nacional"
Tipo de Proyección	Adaptación de Transversa de Mercator (Tangente)	Transversa de Mercator (Secante)
Número de Orígenes	Múltiples husos de 3 grados	Uno solo para todo el territorio
Discontinuidades	Zonas de traslape y ambigüedad	Elimina discontinuidades
Aplicación Típica	Cartografía local y regional (por zonas)	Integración nacional y análisis a gran escala
Problemas Resueltos	Discontinuidad topológica, ambigüedad en las coordenadas y dificultad para análisis regionales/nacionales.	Facilita la interoperabilidad y la consulta interinstitucional con la unicidad y continuidad del territorio. ¹

Fuente: Elaborado a partir del ABC de la proyección "Origen Único", 2020.

El sistema "Origen Nacional" mantiene la Proyección Transversa de Mercator, pero introduce un cambio fundamental en su aplicación: el meridiano central, en lugar de ser tangente al elipsoide, se convierte en secante (figura 6). Esto se logra mediante la aplicación de un factor de escala (k) menor a la unidad. El datum geodésico de referencia se mantiene, siendo el geocéntrico MAGNA-SIRGAS, el cual ha sido continuamente actualizado hasta la época 2018.0 del marco de referencia ITRF 2014.¹ Esta consistencia

con el marco de referencia mundial es crucial para garantizar la compatibilidad de los datos geográficos colombianos con los estándares internacionales.

Figura 6. Esquema de la proyección Transversa de Mercator con Origen Único para Colombia.



▲ Fuente: Salvini D., Bolívar F. (2018). Propuesta de la Proyección Cartográfica única para la Administración de Tierras en Colombia V2. Bogotá, Colombia: Agencia de Implementación, cooperación suiza.

Fuente: Elaborado a partir del ABC de la proyección "Origen Único", 2020.

La definición de los parámetros de la nueva proyección se basó en un enfoque optimizado que priorizó la precisión en las áreas de mayor relevancia socioeconómica. Los parámetros finales adoptados por la Resolución 471 de 2020 son los siguientes²:

Tabla 4. Parámetros del Sistema de Coordenadas Cartesianas MAGNA origen Cali.

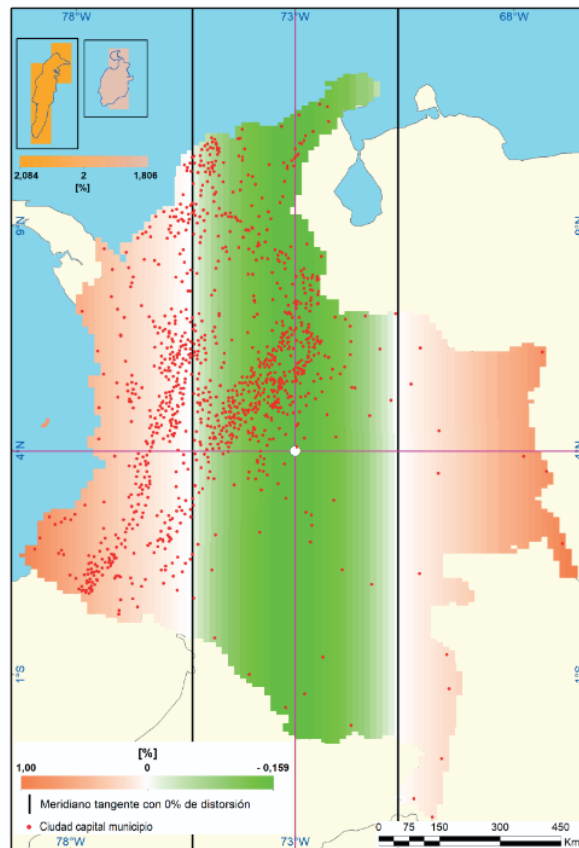
Conjunto de Parámetros		
Sistema de Referencia	MAGNA SIRGAS	
Elipsoide	GRS80	
Proyección Cartográfica	Transversa de Mercator	
Nombre IGAC	Origen Nacional	
Nombre ESRI	MAGNA-SIRGAS 2018 Origen-Nacional	
Nombre EPSG	MAGNA-SIRGAS 2018 / Origen-Nacional - 9377	
Coordenadas Origen	Meridiano Central	73° Oeste
	Latitud de referencia	4° Norte
Coordenadas Cartesianas	Falso Este	5'000.000 m
	Falso Norte	2'.000,000 m
Factor Escala	0.9992	
Nombre Unidad Lineal	Metro	
Metros por Unidad	1	

Fuente: IGAC, 2025.

Centro Administrativo Municipal CAM Torre Alcaldía Piso 10
Teléfono: Teléfono: 6617055 Fax 8895630. www.cali.gov.co

No obstante, a lo anterior, desde su adopción se han realizado diversas críticas sobre la precisión de la proyección, puesto que, al ser de uso único, a medida que se aleja del meridiano de origen y de los meridianos central; se observa distorsiones en los valores de áreas en los objetos tipo polígono y en la longitud para el caso de objetos lineales, tal como se representan en la figura 7. Sin embargo, el IGAC ha manifestado que dicha variación debería ser de más o menos 1% del valor original, y que este valor es tolerable.

Figura 7. Representación de la distorsión ocasionada por la proyección EPSG:9377.



Fuente: Elaborado a partir del ABC de la proyección "Origen Único", 2020.

Por tal motivo, identificar la magnitud de este cambio es fundamental para cuantificar las posibles afectaciones sobre la gestión de la información geográfica al interior de la Alcaldía de Santiago de Cali.

Finalmente, a continuación, se presenta una tabla comparativa de los dos sistemas de coordenadas, para tener presente las principales características:

Tabla 5. Parámetros comparativos del sistema local y nacional.

Comparativo entre EPSG:6249 y EPSG:9377		
Característica	EPSG:6249 (MAGNA Origen Cali)	EPSG:9377 (MAGNA Origen Único Nacional)
Tipo de proyección	Cartesiana local	Transversa de Mercator (secante)
Meridiano central	76°31'14.025" O	73° O
Latitud de referencia	3°26'30.78" N	4° N
Cobertura	Zona urbana y periurbana de Cali	Todo el territorio nacional
Falso Este / Norte	1.061.900,18 m / 872.364,63 m	5.000.000 m / 2.000.000 m
Factor de escala ⁴	1.000156785594289	0.9992
Aplicación	Cartografía detallada local (1:500–1:5000)	Integración nacional y análisis regionales

Fuente: elaboración propia.

Para profundizar en los criterios técnicos que fundamentaron la selección de parámetros del sistema EPSG:9377, referirse a la publicación realizada por el [IGAC](#).

⁴ Este factor de escala es requerido para ciertas aplicaciones en las que se requiere crear el sistema de coordenadas EPSG:6249 de manera personalizada, como el caso de: receptores GNSS, estaciones totales o algunas herramientas de software.

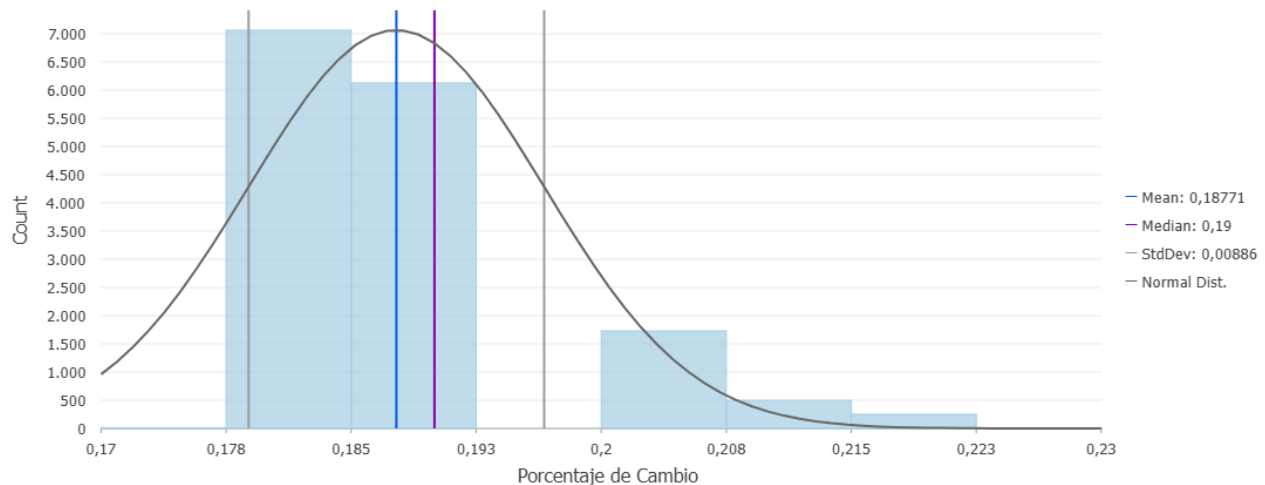
4. RESULTADOS

Como se mencionó en la sección 3.1, el análisis realizado se abordó con datos cartográficos provenientes de distintas fuentes, así como también, con datos provenientes de levantamientos topográficos. Por tal motivo, los resultados se presentarán de acuerdo a la fuente utilizada y con base al sistema de coordenada que tenían previo a la conversión al EPSG 9377.

4.1. CAPAS GEOGRÁFICAS DEL DAP.

El análisis descriptivo y estadístico del porcentaje de cambio en los valores de área, de los objetos geográficos luego de migrar de EPSG:6249 (MAGNA Origen Cali) a EPSG:9377 (Origen Único Nacional) se realizó con una totalidad de 15.685 registros resultantes de una combinación de las capas de polígono utilizadas. Esto permitió caracterizar con detalle el comportamiento de las diferencias generadas por la conversión de sistemas de coordenadas, ver figura 8:

Figura 8. Distribución de los porcentajes de cambio en valores de área, cartografía DAP.



Fuente: Elaboración propia.

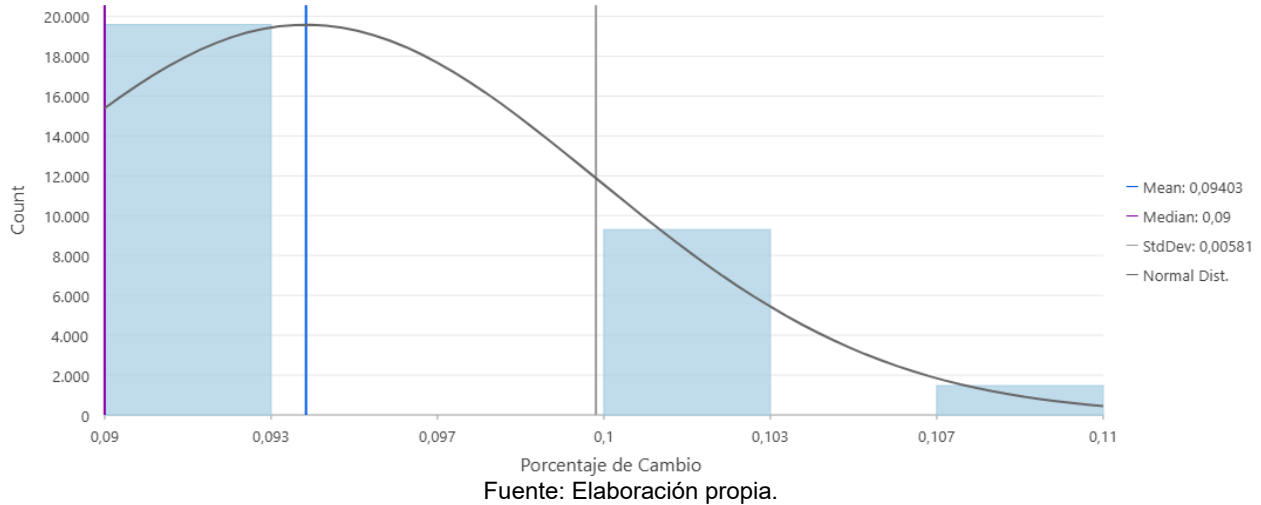
Detallando que:



- Magnitud del cambio: Los resultados muestran que el porcentaje de cambio oscila en un rango estrecho, entre 0.17% y 0.23%, con un valor promedio de 0.187%, una mediana de 0.19% y una desviación estándar de 0.008%. Estos indicadores evidencian que el proceso de conversión introduce una variación sistemática, aunque de magnitud reducida y consistente en la mayoría de los casos. Adicionalmente, el hecho de que la media y la mediana estén prácticamente alineadas indica que no hay presencia de valores atípicos significativos.
- Comportamiento de la distribución: Los coeficientes de asimetría positiva (1.3) y curtosis elevada (4.88) confirman que la distribución de la variable no sigue una distribución normal. En términos prácticos, esto implica que la mayoría de los cambios se concentran alrededor de la media, pero existe un grupo reducido de observaciones con valores superiores al promedio, que generan una cola larga hacia la derecha. Esta condición, denominada leptocurtosis, sugiere la presencia de colas más pesadas, es decir, una mayor probabilidad de encontrar valores extremos en comparación con una distribución normal.
- Implicaciones cartográficas y aplicadas: Desde una perspectiva práctica, los cambios identificados son estadísticamente detectables, pero cartográficamente poco significativos. Incluso el mayor valor registrado (0.23%) se encuentra dentro de márgenes aceptables para la mayoría de aplicaciones en gestión territorial, análisis de superficie y planificación territorial. Esto respaldaría la utilización de EPSG:9377 en procesos que requieren interoperabilidad o unificación del sistema de coordenadas con los lineamientos nacionales, sin comprometer la precisión en el cálculo de áreas.
- Lo anterior, en un ejemplo práctico: si un predio registra un área de 10.000 m² en EPSG:6249, tras la conversión a EPSG:9377 se obtendría un valor entre 10.018 m² y 10.023 m² o lo que es lo mismo, un aumento entre 18 m² y 23 m², equivalente al 0.18% al 0.23% del valor original.

Respecto a los objetos lineales se encontró un comportamiento incluso menos marcado, puesto que la magnitud de cambio se mueve en un rango entre 0.09% y 0.1%. La mediana y el promedio son prácticamente iguales, lo que significa muy poca dispersión, lo anterior queda evidencia en la figura 9.

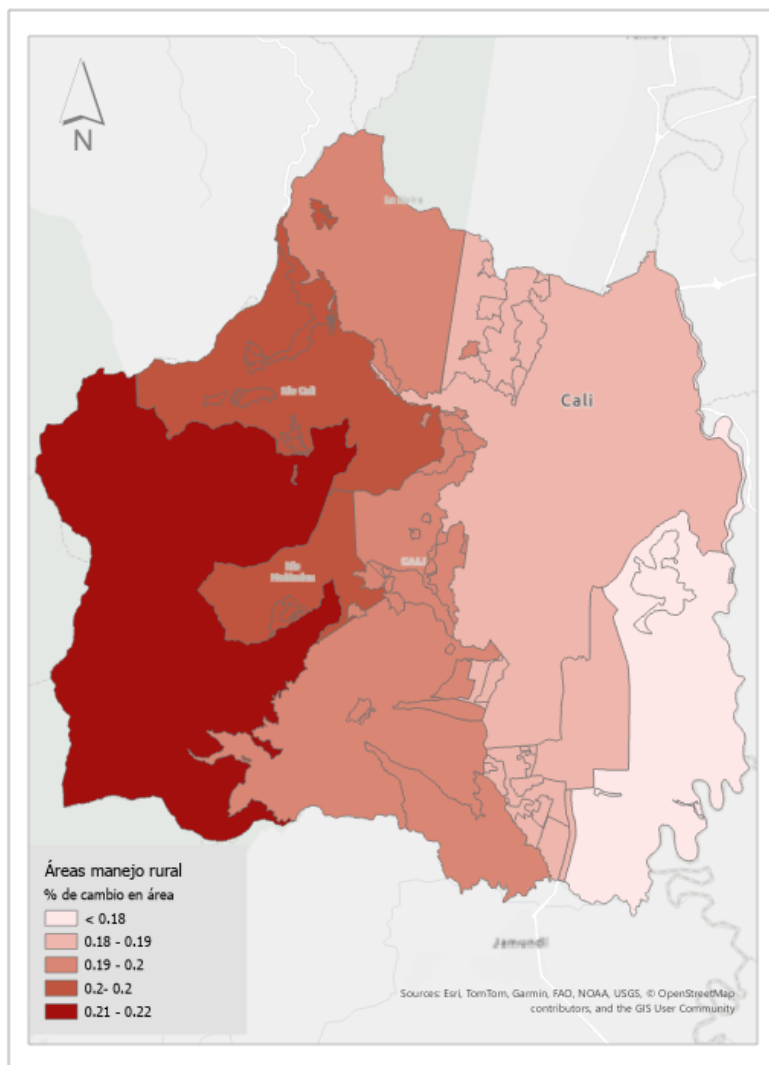
Figura 9. Distribución de los porcentajes de cambio en valores de longitud, cartografía DAP.



El cambio promedio en longitudes fue de 0.09% (equivalente a 900 ppm). En un caso práctico, una línea de 10.000 m en EPSG:6249 se convierte en 10.009 m tras la migración a EPSG:9377.

En términos geográficos, el incremento de la variación del cambio se va acentuando en dirección al oeste, en la medida que se aleja del meridiano estándar, o meridiano donde el plano de proyección se interseca con el elipsoide, esto se puede apreciar en la figura 10. Es de anotar que tiene el mismo comportamiento con las capas de tipo línea.

Figura 10. Variabilidad del área proyectada desde EPSG:6249 a EPSG:9377.



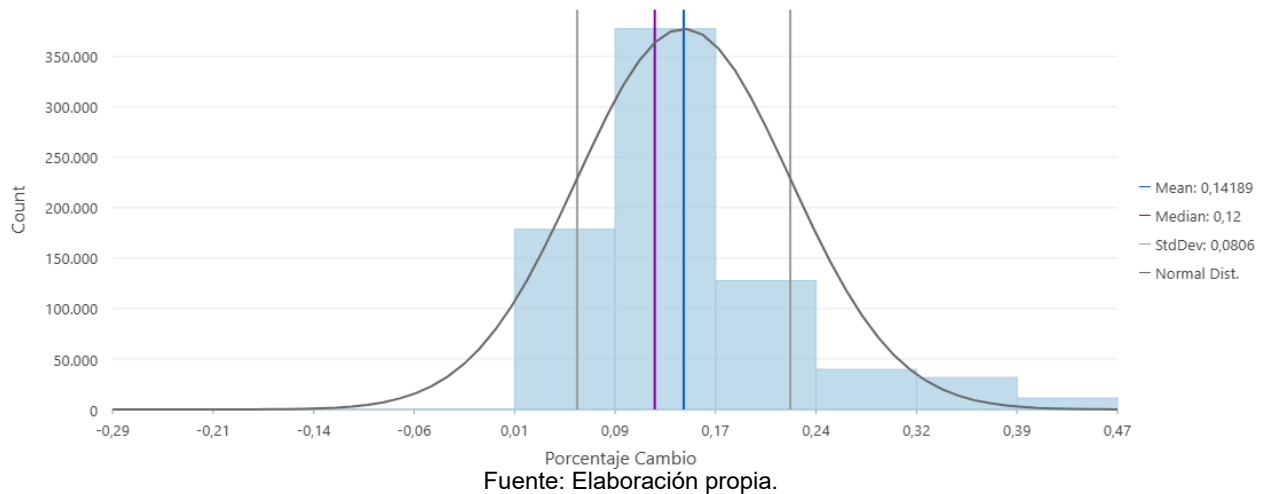
Fuente: Elaboración propia.

4.2. CAPAS GEOGRÁFICAS DE LA CVC.

Las capas geográficas que disponía la CVC, se encuentran en el origen regional MAGNA Origen Oeste o EPSG:3115. Por consiguiente, la conversión de coordenadas se realizó entre este sistema y el EPSG:9377. Con relación a los resultados descriptivos y estadísticos del porcentaje de cambio en los valores de área, estos se resumen en la figura 11:

Centro Administrativo Municipal CAM Torre Alcaldía Piso 10
Teléfono: Teléfono: 6617055 Fax 8895630. www.cali.gov.co

Figura 11. Distribución de los porcentajes de cambio en las capas del DAP.



A continuación, se presentan algunas apreciaciones:

- **Magnitud del cambio:** Los resultados muestran que el porcentaje de cambio oscila en un rango estrecho más amplio que va desde -0.29% a 0.47%, con un valor promedio de 0.14%, una mediana de 0.12% y una desviación estándar de 0.08%. Lo anterior, ratifica que el proceso de conversión introduce una variación sistemática, pero en el caso de la cartografía de la CVC que se extiende a la totalidad del Departamento, se identifica que el rango es mucho más amplio, que en la cartografía de Cali. Aunque esto es totalmente coherente con las características de la proyección usada por el sistema Origen Único Nacional, que indica este comportamiento....

También se logra evidenciar que dado que la media y la mediana no son tan distantes indica que no hay presencia de valores atípicos significativos y que los datos restantes tampoco son tan dispersos.

- **Comportamiento de la distribución:** Los coeficientes de asimetría positiva (1.4) y curtosis elevada (4.9), son similares a los obtenidos en la cartografía de Cali, y confirman que la distribución de la variable no sigue una distribución normal. En términos prácticos, esto implica que la mayoría de los cambios se concentran alrededor de la media, pero existe un grupo reducido de observaciones con valores



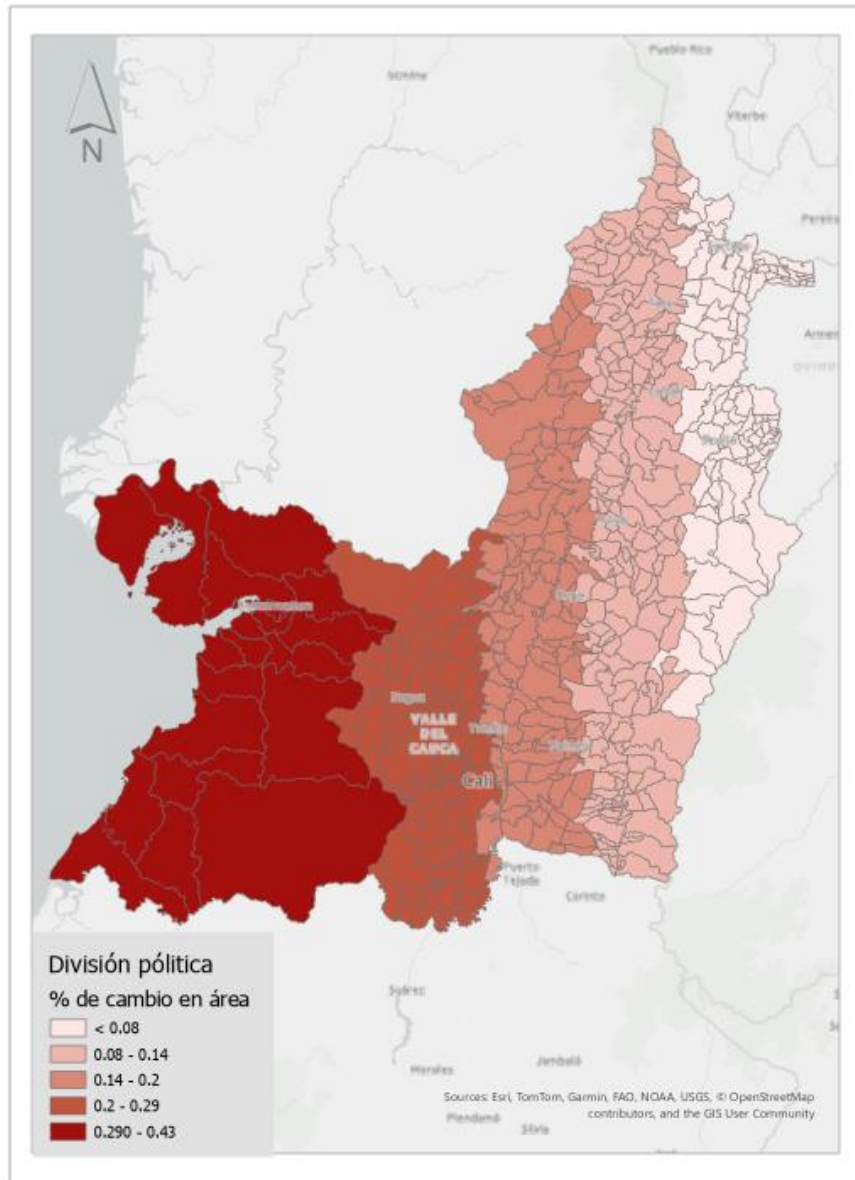
superiores al promedio, que generan una cola larga hacia la derecha. Esta condición, denominada leptocurtosis, sugiere la presencia de colas más pesadas, es decir, una mayor probabilidad de encontrar valores extremos en comparación con una distribución normal.

- Implicaciones cartográficas y aplicadas:

En términos prácticos, los cambios obtenidos tras la migración desde EPSG:3115 muestran variaciones que, si bien, al igual que con Cali, son estadísticamente observables, no representan un impacto relevante en el ámbito cartográfico. Los porcentajes fluctúan entre -0.26% y 0.47%, valores que pueden considerarse dentro de tolerancias razonables para labores de gestión del territorio, estimación de superficies y procesos de planificación espacial.

- Adicionalmente, también se debe considerar que, por las características de la proyección, el cambio en los valores de área se va acentuando hacia el oeste, en la medida que se aleja del meridiano estándar, o meridiano donde el plano de proyección se interseca con el elipsoide. Lo anterior, se evidencia claramente en la figura 12, donde el porcentaje de variación de los valores del área, se ve más acentuada en Buenaventura, que es el municipio más al Oeste del Valle del Cauca. Por el contrario, la variación es mucho menor para los municipios al Este, tales como: Caicedonia, Sevilla, Obando y Cartago, entre otros.

Figura 12. Variabilidad del área proyectada desde EPSG:3115 a EPSG:9377

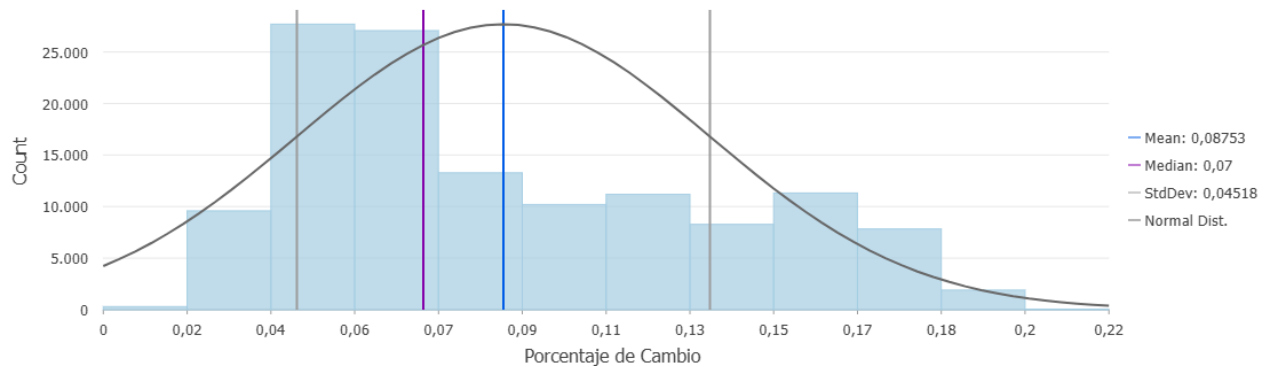


Fuente: Elaboración propia.

Retomando el ejemplo planteado con la cartografía del DAP: si un predio registra un área de 10.000 m² en EPSG:3115, tras la conversión a EPSG:9377 se obtendría un área de 10.014 m², es decir, un incremento promedio de 14 m², equivalente al 0.14% del valor original.

Con relación a los objetos de tipo línea, se realizó una operación de combinación entre la capa de quebradas y vías, que permitió tener un conjunto de registros de 128.703, permitiendo encontrar un comportamiento similar al de la cartografía del DAP, donde la variación en la longitud es menor que la variación en el área. Puntualmente, la cartografía de CVC posterior a la conversión de coordenadas se mueve en un rango entre 0% y 0.22%. El promedio es de 0.08% y la mediana de 0.07%, que al no estar tan distante el uno del otro, indica poca dispersión, lo anterior queda evidencia en la figura 13.

Figura 13. Distribución de los porcentajes de cambio en valores de longitud, cartografía DAP.



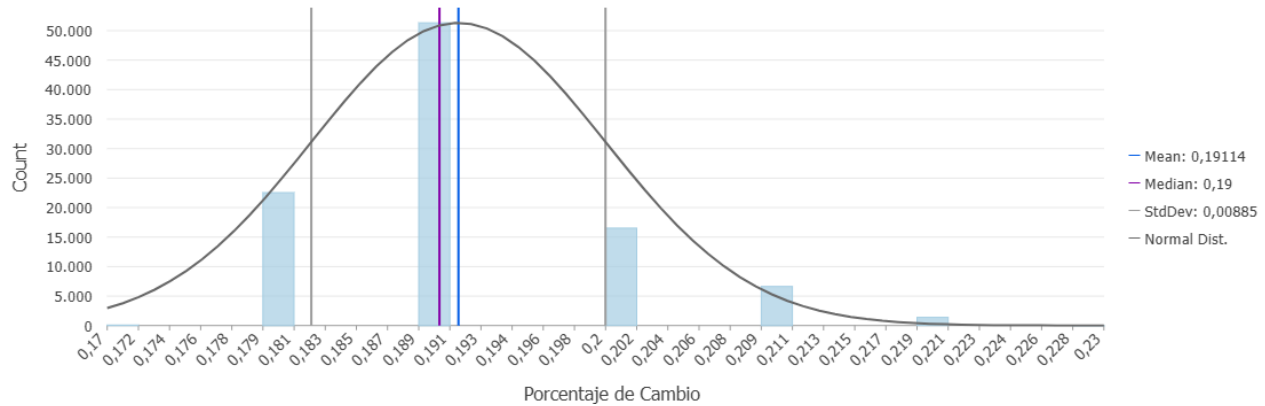
Fuente: Elaboración propia.

El cambio promedio en longitudes fue de 0.08% (equivalente a 800 ppm). En un caso práctico, una línea de 10.000 m en EPSG:3115 se convierte en 10.008 m tras la migración a EPSG:9377.

4.3. CAPAS GEOGRÁFICAS BÁSICAS DE CATASTRO (2023).

El análisis de las capas de cartografía básica suministrada por la Subdirección de Catastro se realizó con una totalidad de 98.489 registros resultantes de una combinación de las capas de polígono utilizadas. El histograma de la frecuencia de los valores de cambio en el área se muestra en la figura 14:

Figura 14. Distribución de los porcentajes de cambio en valores de área, cartografía Catastro.



Fuente: Elaboración propia.

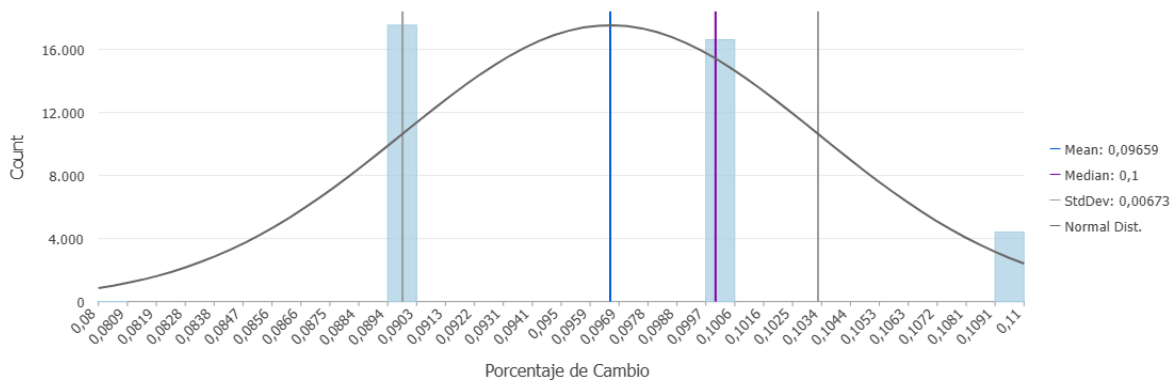
Detallando que:

- **Magnitud del cambio:** La distribución del porcentaje de cambio en los valores de área se encuentra entre 0.17% y 0.23%, presentando un comportamiento concentrado en torno al 0.19%, con una media de 0.191% y una mediana de 0.19%, lo que confirma la estabilidad de los resultados alrededor de un valor central. La desviación estándar (0.0089) es baja, lo que evidencia que la variabilidad es reducida y las diferencias entre registros son mínimas.
- El histograma muestra que la mayoría de los datos se acumulan en el intervalo de 0.189 a 0.193, mientras que existen pocos casos en los extremos (por debajo de 0.183 o por encima de 0.21). Esto indica que, aunque se observan valores aislados más alejados, su frecuencia es marginal y no afecta la tendencia general.
- En síntesis, los cambios registrados en las capas de catastro se mantienen dentro de un rango muy estrecho y son consistentes con los hallazgos obtenidos en otras fuentes de información.
- **Comportamiento de la distribución:** La asimetría positiva (0,84) indica que la mayoría de los valores se concentran en torno al promedio, aunque existen algunos registros con porcentajes de cambio superiores (cerca de 0,23) que generan una ligera inclinación hacia la derecha. Por su parte, la curtosis (3,77) señala una distribución más apuntada que la normal (leptocúrtica), lo que refleja

una marcada concentración de datos alrededor de la media, acompañada de colas más largas que explican la presencia de valores extremos poco frecuentes.

Respecto a los objetos lineales se encontró un comportamiento similar a lo evidenciado para las otras fuentes de información, puesto que la magnitud de cambio se mueve en un rango entre 0.08% y 0.11%. La mediana y el promedio son prácticamente iguales, lo que significa muy poca dispersión, lo anterior queda evidencia en la figura 15.

Figura 15. Distribución de los porcentajes de cambio en valores de longitud, cartografía DAP.



Fuente: Elaboración propia.

El cambio promedio en longitudes fue de 0.09% (equivalente a 900 ppm). En un caso práctico, una línea de 10.000 m en EPSG:6249 se convierte en 10.009 m tras la migración a EPSG:9377.

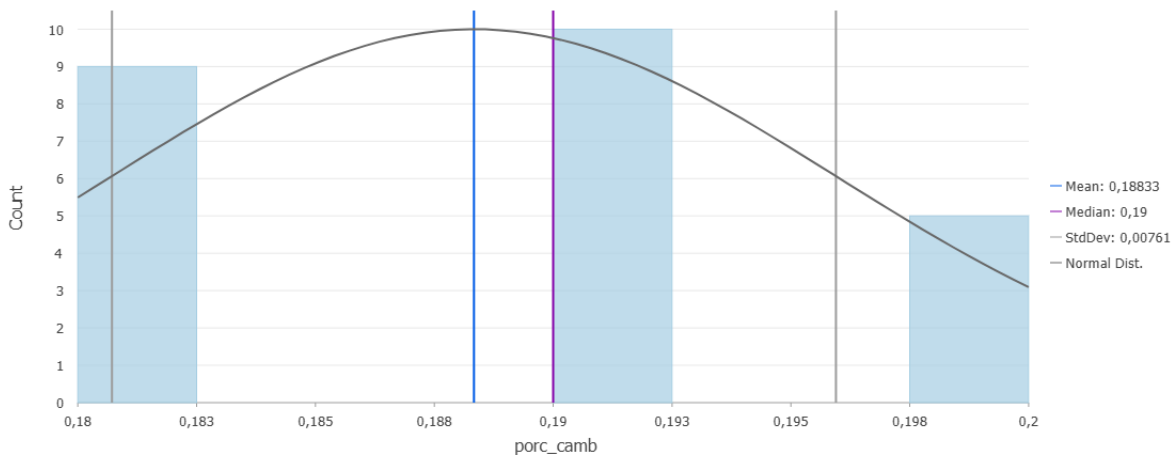
En términos geográficos, el incremento de la variación del cambio también tuvo el mismo comportamiento que el mostrado en la figura 9 u 11.

4.4. CAPAS DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICO.

Como se indicó en la sección 3.1, en el proceso de evaluación también se incluyeron capas provenientes de levantamientos topográficos de cinco diferentes sectores de Santiago de Cali. Todas ellas estaban asociadas al sistema de coordenadas cartesianas MAGNA Origen Cali o EPSG. En términos descriptivos, el histograma que se presenta figura 16 resume la distribución de frecuencias, la cual evidencia que los valores de porcentaje de cambio no se presentan de manera continua, sino agrupados en intervalos

específicos, lo que explica la separación de las barras en el histograma. Este comportamiento sugiere que los resultados responden a patrones de cálculos recurrentes más que a variaciones aleatorias, probablemente asociados a la homogeneidad geométrica de los objetos topográficos analizados y al nivel de precisión numérica utilizado en los procesos de conversión

Figura 16. Distribución de los porcentajes de cambio en las capas del DAP.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan algunas apreciaciones:

- Magnitud del cambio: 6249. En el análisis efectuado, la distribución de los porcentajes de cambio en valores de área muestra un comportamiento entre 0.18% y 0.2%, concentrado entre valores de 0,183% y 0,198%. La media de los cambios se ubicó en 0,1883%, mientras que la mediana fue de 0,19%, con una desviación estándar baja (0,0076), lo que evidencia una dispersión reducida en los datos. Esta homogeneidad indica que, para este conjunto de información, las diferencias generadas por la conversión entre sistemas de coordenadas permanecen estables y se encuentran dentro de un rango estrecho de variabilidad, lo que refuerza la consistencia de los resultados evidenciados en las capas del DAP. Lo anterior, permite concluir que no se presentan alteraciones significativas en la magnitud de las propiedades evaluadas,
- Comportamiento de la distribución: El análisis de la asimetría y curtosis complementa la interpretación de la distribución. La ligera asimetría positiva (0,28)



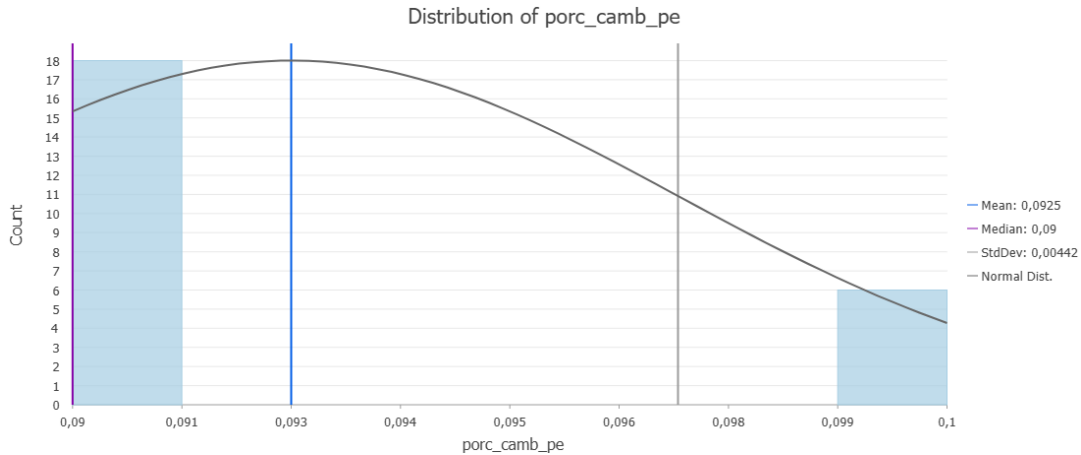
sugiere que los valores tienden a agruparse de forma bastante equilibrada alrededor de la media, con una leve inclinación hacia los valores más altos. Por su parte, la curtosis (1,84) indica una distribución ligeramente más plana que la normal, lo cual refleja que los valores no se concentran excesivamente en torno al promedio, sino que se distribuyen de manera relativamente uniforme dentro del rango observado.

Es importante señalar que estos resultados se obtuvieron a partir de un conjunto reducido de datos (24 registros correspondientes a elementos extraídos de los levantamientos topográficos con los que se disponía), lo que implica que las métricas calculadas deben interpretarse con cautela. Si bien la distribución observada sugiere estabilidad y coherencia en los porcentajes de cambio, el tamaño muestral limitado restringe la capacidad de extrapolar los hallazgos al conjunto total de información topográfica disponible. En este sentido, el análisis adquiere un carácter exploratorio y resalta la conveniencia de ampliar la base de datos para consolidar conclusiones más robustas.

- Nuevamente, en un ejemplo práctico: si un predio registra un área de 10.000 m² en EPSG:6249, tras la conversión a EPSG:9377 se obtendría un valor entre 10.018 m² y 10.019 m², lo que representa un incremento de aproximadamente 18 a 19 m², equivalente al 0,18% – 0,19% del valor original.

Respecto a los objetos lineales se encontró un comportamiento exactamente a los valores obtenidos con las capas del DAP, puesto que la magnitud de cambio se mueve en un rango entre 0.09% y 0.1%. La mediana y el promedio son prácticamente iguales, lo que significa muy poca dispersión, lo anterior queda evidencia en la figura 17.

Figura 17. Distribución de los porcentajes de cambio en valores de longitud, cartografía DAP.



Fuente: Elaboración propia.

4.5 RESUMEN DE LOS RESULTADOS

En la siguiente tabla se presentan un resumen de los resultados encontrados:

Tabla 6. Comparativa de los resultados encontrados.

Fuente Cartografía	Porcentaje de cambio en capas tipos polígonos	Porcentaje de cambio en capas tipo línea
Cartografía DAP	Entre 0.17% y 0.23%. Promedio de 0.187% Mediana de 0.19% Desviación estándar de 0.008%	Entre 0.09% y 0.1%. Promedio de 0.094% Mediana de 0.09% Desviación estándar de 0.005%
Cartografía CVC	Entre -0.29% a 0.47%, Promedio de 0.18% Mediana de 0.19% Desviación estándar de 0.08%	Entre 0% y 0.22%. Promedio de 0.08% Mediana de 0.07% Desviación estándar de 0.004%
Capas Levantamiento Topográfico	Entre 0.18% y 0.2%. Promedio de 0.14% Mediana de 0.12% Desviación estándar de 0.007%	Entre 0.09% y 0.1%. Promedio de 0.092% Mediana de 0.09% Desviación estándar de 0.004%
Cartografía Catastro 2023	Entre 0.17% y 0.23%. Promedio de 0.191% Mediana de 0.19% Desviación estándar de 0.008%	Entre 0.08% y 0.11%. Promedio de 0.096% Mediana de 0.1% Desviación estándar de 0.007%

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis comparativo realizado sobre distintas fuentes de información geográfica — incluyendo las capas del Departamento Administrativo de Planeación, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), la Subdirección de Catastro y los levantamientos topográficos, muestran que la conversión entre los sistemas de coordenadas EPSG:6249 y EPSG:9377 genera variaciones en área y perímetro consistentes y estables. Aquí se presentan algunas conclusiones:

- Desde una perspectiva aplicada, las diferencias encontradas son estadísticamente identificables, pero cartográficamente poco significativas. En todos los casos, los porcentajes de cambio observados estuvieron por debajo del 0,25%; lo que está muy por debajo del umbral del 1% establecido por el IGAC como rango de tolerancia. Esto indica que, desde una perspectiva técnica, la conversión no introduce distorsiones significativas en las propiedades geométricas analizadas.
- Es importante precisar que, si bien el valor de área o perímetro de un objeto puede variar tras la conversión de coordenadas, dichas diferencias son mínimas y no alcanzan niveles que comprometan la interpretación de la información ni los procesos de toma de decisiones que dependen de estas métricas. En consecuencia, el impacto práctico de la conversión sobre este tipo de análisis es poco relevante.
- De manera ejecutiva, puede concluirse que la adopción del sistema oficial EPSG:9377 no representa un riesgo relevante para la confiabilidad de los datos en lo que respecta a cálculos de área y perímetro, dado que las diferencias identificadas son menores y se encuentran dentro de parámetros aceptables a nivel nacional.
- Como se explicó anteriormente, desde un punto de vista estadístico, los resultados obtenidos no son representativos y no deberían ser un impedimento para llevar a cabo la transición hacia la proyección EPSG:9377. Sin embargo, algunos profesionales de la comunidad de Geomática han expresado preocupación, ya que esta variación podría impactar en cálculos relacionados con la valoración económica por área. Por ejemplo, en el caso de Cali, un predio que antes medía 10,000 m² ahora mediría 10,018 m², lo



que implica un incremento de 18 m² y, por ende, un ajuste en el cálculo del precio comercial basado en el área.

No obstante, aunque esta diferencia puede ser significativa en el contexto de transacciones comerciales, en el ámbito de la gestión pública resulta poco relevante. Esto se debe a que, en dichos procesos, siempre se contemplan factores de incertidumbre que permiten márgenes de maniobra. Además, la variación derivada del proceso de conversión, como se mencionó, no supera el 1%, por lo que no impactaría significativamente las labores realizadas por los organismos de la Administración Distrital.

Recomendaciones:

- Dado que la información geográfica que soportará el nuevo Plan de Ordenamiento Territorial de Santiago de Cali, deberá ser entregada al Instituto Geográfico Agustín Codazzi, y esta deberá estar asociada al sistema de coordenadas EPSG:9377, se recomienda realizar una adopción progresiva de manera que sea posible elaborar un plan de trabajo para la conversión y posterior publicación de la información en las diferentes aplicaciones de la IDESC.
- En concordancia con lo anterior, se deberá priorizar la migración en aquellas capas y bases de datos que tengan mayor intercambio con otros Organismos o personas externas a la Alcaldía.
- Mantener, en paralelo, un periodo de validación en el que se continúe evaluando el impacto de la conversión en distintos tipos de información cartográfica (urbana, rural, catastral y ambiental), para reforzar la confianza en la estabilidad de los resultados.
- Documentar de manera clara los procedimientos de conversión y los niveles de tolerancia encontrados, de modo que los usuarios finales cuenten con evidencia técnica para sustentar la calidad de la información.
- Buscar una comunicación articulada con Organismos que generan información geográfica a partir de levantamientos topográficos, con el fin de evaluar si la adopción del EPSG:9377 puede ocasionar traumatismos reales al momento de la



materialización de proyectos topográficos. En particular, en aquellos en los que se realicen obras civiles, dado que, en esta área, la precisión requerida es la más alta y en el alcance de este documento, no evaluó el impacto que podría tener el uso del sistema EPSG:9377 en dicho contexto.

- En concordancia con lo anterior, se deberá realizar una evaluación en el campo de las obras civiles o proyectos de infraestructura, para evaluar si la adopción del EPSG:9377 se encuentra dentro de los márgenes de incertidumbre tolerable o sí, por el contrario, es mejor continuar con el uso del sistema de coordenadas cartesianas EPSG:6249.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC (2020). Resolución 471 de 2020. Por la cual se adopta el sistema de coordenadas con Origen Nacional.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC (2020). Resolución 529 de 2020. Por la cual se reglamentan aspectos técnicos de la proyección Origen Nacional.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC (2021). Resolución 370 de 2021. Por la cual se ratifica el uso obligatorio del EPSG:9377.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC (2016). Manual técnico de proyecciones cartográficas.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC (2005). Documentación técnica de MAGNA-SIRGAS.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC (2020). ABC de la Proyección Origen Único. Bogotá, Colombia.