

MAPPING

VOL. 29 • Nº 201 • JULIO-AGOSTO 2020 • ISSN: 1131-9100



Comparación de la nueva proyección cartográfica para Colombia -Origen Nacional-con las proyecciones Gauss-krüger y cartesiana local

La participación público-privada en la recuperación y mejora geométrica de líneas límite municipales. Caso práctico de Alberic y Gavarda, Valencia (España)

El papel de IDEAMB en la plataforma Smart City del área metropolitana de Barcelona

Contexto de la movilidad en Bogota - Colombia

Geoportal for electoral geomarketing to detect microzones with potential voters in an urban area

Técnicas de posicionamiento GNSS aplicadas a la ingeniería

Comparación de dos modelos digitales de elevación generados a partir de un sistema UAV e instrumental GNSS

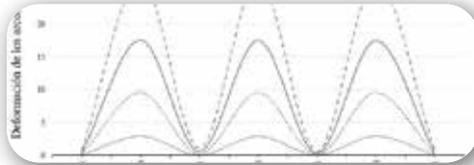
HISTORIA DE LA CARTOGRAFÍA



MAPPING

VOL.29 N°201 JULIO-AGOSTO 2020 ISSN 1131-9100

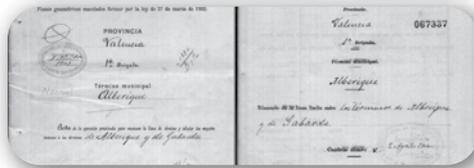
Sumario



Pág. 04

Comparación de la nueva proyección cartográfica para Colombia -Origen Nacional-con las proyecciones Gauss-Krüger y cartesiana local.

Comparison of the new cartographic projection for colombia -national origin-with the gauss-krüger and local cartesian projections
Edilberto Niño-Niño



Pág. 16

La participación público-privada en la recuperación y mejora geométrica de líneas límite municipales. Caso práctico de Alberic y Gavarda, Valencia (España).

Public-private partnership in the recovery and geometric improvement of the municipal boundary lines. Case of study of Alberic and Gavarda, Valencia (Spain)
Ramón Iborra-Fabra, Carmen Femenia-Ribera, Gaspar Mora-Femenia



Pág. 22

El papel de IDEAMB en la plataforma smart city del Área Metropolitana de Barcelona.

The role of IDEAMB in the Metropolitan Area of Barcelona smart city platform
Juan Carlos González González



Pág. 28

Contexto de la movilidad en Bogotá - Colombia.

Context of mobility in Bogota - Colombia
Wilson Vargas-Vargas, Carmen Femenia-Ribera, Gaspar Mora-Femenia



Pág. 34

Geoportal for electoral geomarketing to detect microzones with potential voters in an urban area.

Geoportal de geomarketing electoral para la detección de microzonas con potenciales votantes en área urbana
Gaspar Mora-Navarro, Angel Balaguer-Beser, Carles Marti-Montolio, Carmen Femenia-Ribera



Pág. 44

Técnicas de posicionamiento GNSS aplicadas a la ingeniería.

GNSS positioning techniques applied to engineering
Guillermina S. Santeccchia, Juan Manuel Span

Pág. 50

Comparación de dos modelos digitales de elevación generados a partir de un sistema uav e instrumental GNSS.

Comparison of two digital elevation models generated from uav systems and GNSS instruments
Guillermina S. Santeccchia, Juan Manuel Span

Pág. 58

Historia de la Cartografía.

Pág. 62

Mundo Tecnológico

Pág. 67

Mundo Blog

El conocimiento de hoy es la base del mañana

MAPPING es una publicación técnico-científica con 29 años de historia que tiene como objetivo la difusión de las investigaciones, proyectos y trabajos que se realizan en el campo de la Geomática y las disciplinas con ella relacionadas (Información Geográfica, Cartografía, Geodesia, Teledetección, Fotogrametría, Topografía, Sistemas de Información Geográfica, Infraestructuras de Datos Espaciales, Catastro, Medio Ambiente, etc.) con especial atención a su aplicación en el ámbito de las Ciencias de la Tierra (Geofísica, Geología, Geomorfología, Geografía, Paleontología, Hidrología, etc.). Es una revista de periodicidad bimestral con revisión por pares doble ciego. MAPPING está dirigida a la comunidad científica, universitaria y empresarial interesada en la difusión, desarrollo y enseñanza de la Geomática, ciencias afines y sus aplicaciones en las más variadas áreas del conocimiento como Sismología, Geodinámica, Vulcanología, Oceanografía, Climatología, Urbanismo, Sociología, Planificación, Historia, Arquitectura, Arqueología, Gobernanza, Ordenación del Territorio, etcétera.

La calidad de la geotecnología hecha revista

MAPPING is a technical- scientific publication with 29 years of history which aims to disseminate the research, projects and work done in the framework of the disciplines that make Geomatics (GIS, Cartography, Remote Sensing, Photogrammetry, Surveying, GIS, Spatial Data Infrastructure, Land Registry, Environment, etc.) applied in the field of Earth Sciences (Geophysics, Geology, Geomorphology, Geography, Paleontology, Hydrology, etc.). It is a bimonthly magazine with double-blind peer review. MAPPING is aimed at the scientific, academic and business community interested in the dissemination and teaching of Geomatics and their applications in different areas of knowledge that make up the Earth Sciences (Seismology, Geodynamics, Volcanology, Urban Planning, Sociology, History, Architecture Archaeology , Planning, etc.)

MAPPING

VOL.29 Nº201 JULIO-AGOSTO 2020 ISSN 1131-9100

DISTRIBUCIÓN, SUSCRIPCIÓN Y VENTA

eGeoMapping S.L.
C/ Arrastaría 21.
28022. Madrid. España
Teléfono: 910067223
info@revistamapping.com
www.revistamapping.com

MAQUETACIÓN

elninjafluorescente.es

IMPRESIÓN

Podiprint

Los artículos publicados expresan sólo la opinión de los autores. Los editores no se identifican necesariamente con las opiniones recogidas en la publicación. Las fotografías o imágenes incluidas en la presente publicación pertenecen al archivo del autor o han sido suministradas por las compañías propietarias de los productos. Prohibida la reproducción parcial o total de los artículos sin previa autorización y reconocimiento de su origen. Esta revista ha sido impresa en papel ecológico.



FOTO DE PORTADA:

Vértice Geodésico Villuercas 1
Navezuelas, Cáceres, España

Autor: Miguel Ángel Ruiz Tejada.

Depósito Legal: M-14370-2015

ISSN: 1131-9100 / eISSN: 2340-6542

Los contenidos de la revista MAPPING aparecen en: Catálogo BNE, CIRC, Copac, Crue- Red de Bibliotecas REBIUN, Dialnet, DULCINEA, EBSCO, GeoRef, Geoscience e-Journals, Gold Rush, Google Académico, ICYT-CSIC, IN-RECS, Latindex, MIAR SHERPA/RoMEO, Research Bible, WorldCat.

PRESIDENTE

Benjamín Piña Patón

DIRECTOR

Miguel Ángel Ruiz Tejada
maruiz@egeomapping.com

REDACTORA JEFA

Marta Criado Valdés
mcriado@egeomapping.com

CONSEJO DE REDACCIÓN

Julián Aguirre de Mata
ETSITGC. UPM. Madrid

Manuel Alcázar Molina
UJA. Jaén

Marina A. Álvarez Alonso
ETSII. UPM. Madrid

Gersón Beltrán
FGH. UV. Valencia

Carlos Javier Broncano Mateos
Escuela de Guerra del Ejército. Madrid

José María Bustamante Calabuig
Instituto Hidrográfico de la Marina. Cádiz

Joan Capdevilla Subirana
Área de Fomento de la Delegación del
Gobierno. Cataluña

Antonio Crespo Sanz
Investigador

Efrén Díaz Díaz
Abogado. Bufete Mas y Calvet. Madrid.

Mercedes Farjas Abadía
ETSITGC. UPM. Madrid

Carmen Femenia Ribera
ETSIGCT. UPV. Valencia

Javier Fernández Lozano
Fac. Ciencias. USAL. Salamanca

M^a Teresa Fernández Pareja
ETSITGC. UPM. Madrid

Carmen García Calatayud
Biblioteca Nacional de España

Florentino García González
Abogado

Diego González Aguilera
EPSA. USAL. Salamanca

Álvaro Mateo Milán
CECAF. Madrid.

Israel Quintanilla García
ETSIGCT. UPV. Valencia

Antonio Federico Rodríguez Pascual
CNIG. Madrid

Pilar Sanz del Rio
URBASANZ Estudio Jurídico S.L.

Roberto Rodríguez-Solano Suárez
EUITF. UPM. Madrid

Andrés Seco Meneses
ETSIA. UPNA. Navarra

Cristina Torrecillas Lozano
ETSI. US. Sevilla

Antonio Vázquez Hoehne
ETSITGC. UPM. Madrid

CONSEJO ASESOR

Ana Belén Anquela Julián
ETSICT. UPV. Valencia

Maximiliano Arenas García
Acciona Infraestructuras. Madrid

César Fernando Rodríguez Tomeo
IPGH. México

Ignacio Durán Boo
Ayuntamiento de Madrid

Francisco Javier González Matesanz
IGN. Madrid

Ourania Mavrantza
KTIMATOLOGIO S.A. Grecia

Julio Mezcua Rodríguez
Fundación J. García-Siñeriz

Ramón Mieres Álvarez
TOPCON POSITIONING SPAIN. Madrid

Benjamín Piña Patón
Área de Fomento de la Delegación del
Gobierno. Cantabria

Jesús Velasco Gómez
ETSITGC. UPM. Madrid

Comparación de la nueva proyección cartográfica para Colombia -Origen Nacional-con las proyecciones Gauss-Krüger y cartesiana local

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 201, 4-14
julio-agosto 2020
ISSN: 1131-9100

Comparison of the new cartographic projection for Colombia -National Origin-with the Gauss-Krüger and local cartesian projections

Edilberto Niño-Niño

Resumen

Para la elaboración de la cartografía de Colombia se utilizan las proyecciones Gauss-Krüger y cartesiana. El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) encargado de la producción de la cartografía oficial, estableció una nueva proyección con único origen geográfico denominada «Origen Nacional». El objetivo del presente trabajo es comparar la deformación de arcos geodésicos proyectados a planos Gauss-Krüger, cartesiano y al Origen Nacional. En el proceso se tomaron arcos de 10, 30, 50, y 70 kilómetros distribuidos en 34 zonas del país y se proyectaron a los planos mencionados. Como resultados a destacar: Arcos de 50 kilómetros proyectados al plano Gauss-Krüger presentan deformaciones de centímetros ubicados sobre el meridiano origen; al extremo del plano de proyección alcanzan deformaciones de 18 metros. En la proyección cartesiana la deformación es lineal y directamente proporcional a la altitud del plano de proyección. En el «Origen Nacional», las deformaciones se presentan por defecto y por exceso, es decir los vectores se hacen más cortos sobre el meridiano origen del plano de proyección y en el límite se hacen más largos unos 240 metros. Para áreas extensas el origen nacional ofrece mayor facilidad de cálculos, pero las deformaciones son mucho mayores que la proyección Gauss-Krüger.

Abstract

Gauss-Krüger and Cartesian projections are used to prepare the cartography of Colombia. The Agustín Codazzi Geographical Institute (IGAC) in charge of the production of the official cartography, established a new projection with a single geographical origin called "National Origin". The objective of the present work is to compare the deformation of geodesic arcs projected to Gauss-Krüger, Cartesian planes and to the National Origin. In the process, arches of 10, 30, 50, and 70 kilometers were taken distributed in 34 areas of the country and projected to the plans mentioned. As results to be highlighted: 50-kilometer arches projected onto the Gauss-Krüger plane show deformations of centimeters located on the meridian of origin; to the end of the plane of projection reach deformations of 18 meters. In the Cartesian projection the deformation is linear and directly proportional to the altitude of the projection plane. In the "National Origin", the deformations are presented by default and by excess, that is, the vectors become shorter on the meridian origin of the projection plane and at the limit they become longer by about 240 meters. For large areas the national origin offers easier calculations, but the deformations are much greater than the Gauss-Krüger projection.

Palabras clave: Proyección Cartesiana, Transversa de Mercator, Proyección Gauss-Kruger, Arco geodésico, Plano de proyección.

Keywords: Cartesian projection, Transverse Mercator, Gauss-Kruger projection, Geodesic arc, Projection plane.

INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo es determinar y comparar la deformación que sufren los arcos elipsóidicos al ser proyectados a los planos: Gauss-Krüger, Cartesiano y al Origen Nacional, se espera despejar las incertidumbres generadas con el establecimiento de la nueva proyección cartográfica para Colombia, respecto a si la misma ofrece mayor exactitud que las que actualmente se utilizan en la producción cartográfica del país. La nueva proyección cartográfica es una «Transversa de Mercator» secante, con esta característica su uso no es común, mientras que la misma pero tangente es usada en múltiples países. Al realizar la comparación de las deformaciones de los arcos geodésicos al ser proyectados a distintos planos, se está haciendo un aporte con sustento numérico y cuantitativo el cual permitirá a los productores de mapas y planos cartográficos, así como a los usuarios de la cartografía tomar decisiones en su uso, o cuando deban utilizar mapas y cartografía elaborados con el nuevo «Origen Nacional».

1.1 GENERALIDADES DE LAS PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS

Sin importar si los usuarios de los mapas son o no expertos, lo que ellos esperan es que la información suministrada por los mapas esté ajustada a la realidad. Los usuarios de mapas y de planos cartográficos, esperan que las geoposiciones de puntos, magnitudes de vectores y las áreas representadas y medidas sobre los mapas sean iguales a las del terreno o muy cercanas. Sin embargo, en el proceso de proyectar una superficie curva en una plana, no es posible garantizar ciento por ciento la fidelidad de las magnitudes de los elementos proyectados; ya en el año 1775, el matemático Leonhard Euler (1707-1783), demostró que una proyección no puede ser al mismo tiempo equivalente, conforme y equidistante (Torres, 2005).

Los planos y los mapas cartográficos son frecuentemente utilizados sin el conocimiento apropiado de sus propiedades y limitaciones (Martín, 2015), posiblemente por que muy pocos usuarios se interesan por datos como la precisión, las limitaciones, la proyección utilizada, marco de referencia, sistemas de coordenadas, la técnica utilizada en su elaboración y demás características; por otra parte porque en la mayoría de los casos los mapas no brindan dicha información.

Prescindir del efecto de la elipticidad de la tierra no es sencillo, y para el diseño de métricas que permitan reducir dicho efecto al pasar porciones de superficies elipsóidicas a superficies planas, se requiere entender las bases matemáticas y geométricas de las proyecciones, así mismo se requiere el manejo de conceptos de trigonometría esférica, geometría analítica, cálculo infinitesimal y geodesia

(Martín, 2015); este conocimiento queda delegado a los expertos; mientras que para usuarios de mapas y planos cartográficos no tan expertos les basta conocer los metadatos o datos básicos para tomar decisiones para un uso adecuado. Para entender el problema de las proyecciones cartográficas, de una manera intuitiva, basta entender que para cubrir un balón con losas (baldosas), y que este conserve su forma, se requieren losas lo más pequeñas posible, así mismo para representar en un plano de manera fiel una porción de terreno, basta con hacerlo en un plano lo más pequeño que sea viable.

El origen de las proyecciones de una esfera a un plano se remite al siglo IV a. c. con los sabios griegos, estas, las proyecciones surgen con el objeto de hacer planos de la esfera celeste, así mismo para el caso de la representación de porciones de la esfera terrestre. El inicio de las proyecciones fue meramente geométrico, es decir no se aplicaron modelos matemáticos. El gran logro de los geómetras griegos fue el de proyectar la esfera no a un plano directamente, sino a una superficie desenrollable, la cual estaría más cerca de la esfera, por tanto, las deformaciones ocasionadas por la proyección serían mínimas; así la superficie que se utilizó inicialmente fue el cilindro (Martín, 2015). A Eratóstenes de Cirene (276-196 a. c.), se le atribuye la idea de emplear un cilindro tangente en el Ecuador terrestre, para proyectar la esfera sobre dicho cilindro; en el mismo sentido Marino de Tiro (siglo I d. c.), ideó una solución especial, con un cilindro secante (Suay Artal, 2000).

En principio, las proyecciones cartográficas fueron netos desarrollos geométricos, hasta que el filósofo y matemático René Descartes (1596-1650) creó la Geometría Analítica; y mediante ésta, fue posible sustituir las líneas geométricas por las ecuaciones que las representan sobre un plano definido por un sistema de ejes X, Y, al cual se le denominó plano cartesiano; en este, inicialmente se representaron líneas rectas mediante coordenadas y posteriormente se representaron todo tipo de líneas. Así, el sistema cartesiano fue aplicado a la cartografía, y siendo posible el establecimiento de ecuaciones, estas permitieron fijar algunas condiciones de entrada para alcanzar las características requeridas. En el mismo sentido con la invención del cálculo infinitesimal fue posible formular matemáticamente las ecuaciones de proyecciones como la de Mercator para dar una solución definitiva al problema de las proyecciones cartográficas (Martín, 2015).

Identificada la importancia de la carta cartográfica para los países y territorios, en el siglo XIX muchos países emprendieron la construcción de los mapas nacionales; expertos en cada uno de los países, realizaron los respectivos análisis, a fin de que el mapa nacional tuviera la menor anamorfosis posible, es decir que mostrara los territorios

representados en un plano con alta fidelidad. Así cada país seleccionó una proyección teniendo en cuenta su forma, sus dimensiones y su posición geográfica. Colombia hizo lo propio así que, hacia el año de 1940 ingenieros vinculados al Instituto Geográfico Militar y Catastral (IGM y C), realizaron estudios para definir cuál sería la proyección adecuada para Colombia.

1.2 PROYECCIÓN UTILIZADA EN LA CARTA GEOGRÁFICA DE COLOMBIA.

En Colombia se utilizan principalmente las coordenadas elipsoidales (ϕ , λ , h), las coordenadas rectangulares cartesianas geocéntricas (X , Y , Z); así mismo coordenadas proyectadas: planas de Gauss-Krüger y cartesianas locales (IGAC, 2004).

1.2.1 ANTECEDENTES.

Algunos de los primeros mapas del territorio colombiano fueron elaborados por Francisco José de Caldas «El Sabio Caldas» hacia el año 1803, siendo levantados y dibujados en coordenadas geográficas latitud y longitud. Así mismo la carta corográfica del territorio de la Nueva Granada levantada por la comisión corográfica fue elaborada en coordenadas geográficas; dicha comisión, dirigida por el coronel Agustín Codazzi, levantó las cartas cantonales y provinciales y la descripción de itinerarios militares, entre los años de 1850 a 1859. En el mismo sentido, la Oficina de Longitudes y Fronteras establecida en 1902, continuaría con la misión de actualizar y mantener la carta general de Colombia, dado que dicha carta se consideró desde esa época, como una herramienta fundamental para el análisis de proyectos, presupuestos de las vías de comunicación y en los procesos de la formación de un catastro general. Para la elaboración de la carta de Colombia la Oficina de Longitudes utilizó la proyección sinusoidal, esta proyección es equiárea, los paralelos de latitud son líneas rectas y equidistantes, y la escala a lo largo del meridiano central y a lo largo de cada paralelo no se modifica (Seong, 2002).

El 13 de agosto de 1934 se expide un decreto mediante el cual se aprobaba la creación del Instituto Geográfico Militar, el cual, mediante la utilización de tecnologías y métodos modernos, se encargaría de realizar el levantamiento del mapa de Colombia. En el año 1940 el Instituto Geográfico Militar se organiza mediante el decreto número 153, y pasa a ser dependencia del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, con el nombre de Instituto Geográfico Militar y Catastral.

Hacia 1940 los ingenieros Darío Rozo Martínez y Belisario Arjona E., realizaron un análisis geométrico y matemático para definir la proyección que se debía utilizar en la elaboración de la carta básica del territorio colombiano.

De dicho estudio se derivan las siguientes recomendaciones: La carta debía servir para: Fines militares; elección de rutas de vías de comunicación; itinerarios aéreos, terrestres y marítimos; planes preliminares de sistemas de irrigación y estimaciones (Roza, 1942), dado que la carta básica debía servir para múltiples estudios ingenieriles que se adelantarán en un territorio.

Con base en los estudios realizados por los ingenieros Roza y Arjona, en el año 1942 el IGM y C adoptó la proyección conforme de Gauss-Krüger para la construcción de la carta geográfica de Colombia, por ser conveniente, dada la forma geométrica y posición del territorio sobre el globo terráqueo. La carta geográfica elaborada por el IGM y C tuvo como base una red astrogeodésica establecida por la oficina de Longitudes y Fronteras dirigida por uno de los mejores científicos que ha tenido Colombia, el ingeniero Julio Garavito Armero. Dicha red se establece con una precisión de segundo orden, cuantitativamente dicho orden equivale a distancias medidas con precisión de 1:20.000 (FGCC, 1984).

En 1944 el ingeniero Darío Rozo Martínez realizó un estudio de la proyección sinusoidal comparándola con la proyección Transversa Gauss-Krüger, llegando a resultados altamente favorables para esta última, al respecto el ingeniero Rozo escribió: «La ventaja de la proyección Gauss está en que la forma no se pierde, lo que es de gran utilidad con respecto al público, interesado en el Catastro y conserva los rumbos que es condición necesaria para la milicia [...]» (Roza, 1944).

1.2.2 PROYECCIÓN GAUSS- KRÜGER

En 1882, Carl Friedrich Gauss ideó una proyección cilíndrica con propiedades similares a la proyección Mercator, con la variación de que el cilindro sería tangente a un meridiano cualquiera en lugar de al Ecuador. El procedimiento propuesto por Gauss fue desarrollado íntegramente por Ludwig Krüger en 1912 (Campos, 2016); y debido al aporte de los dos, la proyección se conoce con el nombre de -Proyección Gauss-Krüger-.

Algunas características de la proyección Gauss-Krüger, son: Área: La distorsión aumenta con la distancia al meridiano central. Dirección: Los ángulos locales son precisos en todos los lugares. Distancia: Escala precisa a lo largo del meridiano central cuando el factor de escala es 1,0. Cuando es inferior a 1,0, aparecen dos líneas rectas a escala exacta a ambos lados del meridiano central y equidistantes de él. Limitaciones: Los datos de un esferoide o elipsoide no pueden proyectarse a más de 90° del meridiano central. Para alcanzar deformaciones inferiores a 1:1.000, habrá que limitarse a una región de unos 300 kilómetros a uno y otro lado de la isométrica de base (Sevilla, 1986).

1.2.2.1 MÉTRICA DE LAS COORDENADAS GAUSS-KRÜGER

Las ecuaciones (1) y (2) corresponden a la versión utilizada por el IGAC para realizar la transformación de coordenadas elipsoidales a coordenadas planas Gauss-Krüger.

Coordenada Norte

$$N = N_0 + (G(\varphi_p) - G(\varphi_0)) + \frac{t}{2} N l^2 \cos^2 \varphi_p + \frac{t}{24} N \cos^4 \varphi_p (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) l^4 + \frac{t}{720} N \cos^6 \varphi_p (61 - 58t^2 + t^4 + 270\eta^2 - 330t^2\eta^2) l^6 + \frac{t}{40320} N \cos^8 \varphi_p (1385 - 3111t^2 + 543t^4 - t^6) l^8 \quad (1)$$

Coordenada Este

$$E = E_0 + N l \cos \varphi_p + \frac{1}{6} N \cos^3 \varphi_p (1 - t^2 + \eta^2) l^3 + \frac{1}{120} N \cos^5 \varphi_p (5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 - 58t^2\eta^2) l^5 + \frac{1}{5040} N \cos^7 \varphi_p (61 - 479t^2 + 179t^4 - t^6) l^7 \quad (2)$$

Siendo:

$$l = \lambda_p - \lambda_0$$

$$t = tg\varphi_p$$

$$\eta^2 = e'^2 \cos^2 \varphi_p$$

N: gran normal calculada en el punto en consideración

a y b: semiejes mayor y menor del elipsoide sobre el cual se calcula.

$G(\varphi_0)$: Arco de meridiano desde el ecuador hasta el punto origen

$$G(\varphi_0) = \alpha[\varphi_0 + \beta \sin 2\varphi_0 + \gamma \sin 4\varphi_0 + \delta \sin 6\varphi_0 + \varepsilon \sin 8\varphi_0]$$

$G(\varphi_p)$: Arco de meridiano desde el ecuador hasta el punto de cálculo

$$G(\varphi_p) = \alpha[\varphi_p + \beta \sin 2\varphi_p + \gamma \sin 4\varphi_p + \delta \sin 6\varphi_p + \varepsilon \sin 8\varphi_p]$$

$$\alpha = \frac{a+b}{2} \left(1 + \frac{1}{4} n^2 + \frac{1}{64} n^4 \right)$$

$$\beta = -\frac{3}{2} n + \frac{9}{16} n^3 - \frac{3}{32} n^5$$

$$\gamma = \frac{15}{16} n^2 - \frac{15}{32} n^4$$

$$\delta = -\frac{35}{48} n^3 + \frac{105}{256} n^5$$

$$\varepsilon = \frac{315}{512} n^4$$

$$n = \frac{a-b}{a+b}$$

Las ecuaciones (1) y (2) se tomaron de (IGAC, 2004)

1.2.3 PROYECCIÓN CARTESIANA

El sistema de proyección cartesiana es una representación conforme del elipsoide sobre un plano paralelo a uno tangente al elipsoide de referencia (en este caso es el GRS80), ubicado a una altitud ortométrica (H). El punto origen del plano de proyección se define sobre la altitud media del territorio a representar; la proyección del meridiano que pasa por este punto representa el plano el eje Norte-Sur. Los puntos sobre el elipsoide y los resultantes de la proyección al plano tienen una relación puramente matemática.

La proyección cartesiana es utilizada para la elaboración de planos de áreas pobladas (planos cartográficos representados a escalas iguales o mayores que 1:2.000), así que pueden existir tantos orígenes de coordenadas cartesianas como centros poblados existan, también es posible crear orígenes de acuerdo con las necesidades. Las ecuaciones (3) y (4) permiten realizar la proyección de las coordenadas elipsoidales a coordenadas planas cartesianas.

$$N(mts) = N_o \mp \frac{1}{B} (\Delta\phi CE^2) K_e \quad (3)$$

$$E(mts) = E_o \mp \frac{\Delta\lambda''}{H} K_n \quad (4)$$

Donde:

$\Delta\phi$: Diferencia de latitud entre el punto en consideración y el origen cartesiano (en segundos).

$\Delta\lambda$: Diferencia de longitud entre el punto en consideración y el origen cartesiano (en segundos).

$$H: \frac{\sec(\phi)}{N \cdot \text{arc}1''}$$

N: Radio de curvatura en el primer vertical.

ϕ : Latitud del punto que se desea calcular.

$$C: \frac{Tg(\phi)}{2RN \cdot \text{arc}1''}$$

$$B: \frac{1}{R \cdot \text{arc}1''}$$

$$E: \Delta\lambda'' N \cdot \text{arc}1'' \cos \varphi$$

R: Radio de curvatura en el meridiano.

K: $\frac{P+h}{P}$; P: radio de curvatura de la tierra. h: altura del punto sobre el nivel del mar.

Las ecuaciones (3) y (4) fueron tomadas de (IGAC., 1980)

Las ecuaciones (3) y (4) fueron replanteadas y/o reestructuradas llegando a las ecuaciones (5) y (6), mediante estas ecuaciones se realiza actualmente la proyección de coordenadas elipsoidales a cartesianas locales.

$$N = \rho_{\varphi_o} \left[\Delta\varphi_{rad} + \frac{\tan(\varphi_o) \Delta\lambda_{rad}^2 v_{\varphi_p}^2 \cos^2 \varphi_p}{2\rho_{\varphi_o} v_{\varphi_o}} \right] * \left[1 + \frac{Hp}{\rho_{\varphi_m}} \right] + N_o \quad (5)$$

$$E = \Delta\lambda_{rad} v_{\varphi_p} \cos(\varphi_p) \left[1 + \frac{Hp}{v_{\varphi_o}} \right] + E_o \quad (6)$$

Donde:

ϕ_0 : Latitud geodésica del punto origen.

ϕ_P : Latitud geodésica del punto a transformar.

$\Delta\lambda$: diferencia de longitudes entre el punto origen y el punto a transformar.

H_p : Altitud ortométrica del punto origen del plano.

ρ : radio de curvatura en el meridiano.

v : Radio de curvatura en el primer vertical.

E_0 = Coordenada plana este del punto origen.

N_0 = Coordenada plana norte del punto origen.

Las ecuaciones (5) y (6) fueron tomadas de (IGAC, 2004)

1.2.4 PROYECCIÓN TRANSVERSA DE MERCATOR- CARACTERÍSTICAS GENERALES

Esta Proyección corresponde a una adaptación particular de la proyección UTM, cuyas ecuaciones se conforman a partir de un conjunto de aproximaciones en serie que convergen rápidamente en una zona que se extiende de 3° a 4° de longitud desde el meridiano central. En husos mayores a 4°, la serie tiene términos insuficientes para la precisión requerida (Snyder, 1987). La transformación de las coordenadas elipsoidales a planas transversa de Mercator se realiza mediante las ecuaciones (7), (8) y (9).

$$x = k_0 N \left[A + (1 - T + C) \frac{A^3}{6} + (5 - 18T + T^2 + 72C - 58e'^2) \frac{A^5}{120} \right] \quad (7)$$

$$y = k_0 \left\{ (M - M_0) + N \tan \phi \left[\frac{A^2}{2} + (5 - T + 9C + 4C^2) \frac{A^4}{24} + (61 - 58T + T^2 + 600C - 330e'^2) \frac{A^6}{720} \right] \right\} \quad (8)$$

$$k = k_0 \left[1 + (1 + C) \frac{A^2}{2} + (5 - 4T + 42C + 13C^2 - 28e'^2) \frac{A^4}{24} + (61 - 148T + 16T^2) \frac{A^6}{720} \right] \quad (9)$$

Donde:

$$e'^2 = \frac{e^2}{1 - e^2}$$

$$N = \frac{a}{[1 - e^2 \sin^2 \phi]^{\frac{1}{2}}}$$

$$T = \tan^2 \phi$$

$$C = e'^2 \cos^2 \phi$$

$$A = (\lambda - \lambda_0) \cos \phi, \text{ con } \lambda \text{ y } \lambda_0 \text{ en radianes}$$

$$M_t = a \left[\left(1 - \frac{e^2}{4} - \frac{3e^4}{64} - \frac{5e^6}{256} \right) \phi - \left(\frac{3e^2}{8} + \frac{3e^4}{32} + \frac{45e^6}{1024} \right) \sin 2\phi + \left(\frac{15e^4}{256} + \frac{45e^6}{1024} \right) \sin 4\phi - \left(\frac{35e^6}{3072} \right) \sin 6\phi \right]$$

Donde:

Los radios de elipse meridiana (M_p y M_0) se obtienen mediante la ecuación (10) y corresponden: M_p al arco desde el ecuador al punto en consideración y M_0 al arco desde el ecuador hasta el punto origen, y se calculan con O_p y O_0 respectivamente.

Las ecuaciones (8), (9) y (10) fueron tomadas de (Snyder, 1987)

1.2.5 NUEVA PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA PARA COLOMBIA

Con fecha de 14 de mayo de 2020, el IGAC emite la resolución No. 471, mediante la cual, entre otras directrices, establece como proyección cartográfica única para Colombia la Proyección Transversa de Mercator «**Origen Nacional**». Así, en el Artículo 4. *Lineamientos técnicos generales, establece: «[...] La proyección cartográfica será definida en un único origen de coordenadas, con parámetros establecidos en la tabla 1».*

Tabla 1. Parámetros de la proyección

Parámetro	Valor
Proyección	Transversa de Mercator
Elipsoide	GRS80
Origen. Latitud	4° N
Origen. Longitud	73° W
Falso Este	5.000.000
Falso Norte	2.000.000
Unidades	Metros
Factor de escala	0,9992

*Tabla Tomada de la resolución N°. 471, publicada por el IGAC.

El factor de escala menor a 1, hace que la proyección sea secante al elipsoide de referencia. La nueva proyección se aplicará sobre un Huso geográfico de 12° de amplitud, seis grados a cada lado del meridiano origen, no se tuvo en cuenta la característica de que dicha proyección más allá de los 4° las distorsiones se incrementan de manera considerable. El origen geográfico se localiza a 6,65 kilómetros al sur oeste de la población de Puerto López en el departamento del Meta.

2. PROCEDIMIENTO

2.1 DETERMINACIÓN DE LA DEFORMACIÓN DE UN ARCO GEODÉSICO AL SER PROYECTADO A UN PLANO

Un arco geodésico se define como aquel segmento de línea geodésica el cual debe cumplir dos propiedades: ser el menor camino entre dos puntos y estar completamente contenido sobre la superficie dada (Vázquez, 2008), en este caso la superficie del elipsoide de referencia.

La teoría de las proyecciones cartográficas advierte sobre la deformación que sufren los elementos geométricos al ser proyectados de una superficie elipsoidal a una plana; como ya se mencionó, ninguna proyección garantiza fidelidad completa en las áreas y vectores proyectados.

Para determinar la deformación que sufre un arco que es proyectado desde la superficie del elipsoide de revolución a

diferentes planos, se proyectan las coordenadas elipsoidales (ϕ_i, λ_i) y (ϕ_j, λ_j) extremas del arco a un plano determinado. En este caso se tomaron 34 arcos geodésicos en zonas adecuadamente distribuidas en el territorio colombiano, como se muestra en la figura 1.

Las abreviaturas usadas en la imagen corresponden a:
 Z-W-i: Zona (i) ubicada sobre el meridiano del origen oeste.
 Z-L-W-i: Zona (i), ubicada sobre Límite del origen oeste.
 Z-B-i: Zona (i), ubicada sobre el meridiano del origen Bogotá.
 Z-L-B-i: Zona (i), ubicada sobre Límite del origen Bogotá.
 Z-E-i: Zona (i), ubicada sobre el meridiano del origen Este.
 Z-L-E-i: Zona (i), ubicada sobre Límite del origen Este.
 Z-EE-i: Zona (i), ubicada sobre el meridiano del origen Este-Este.
 Z-L-EE-i: Zona (i), ubicada sobre Límite del origen Este-Este. (con $i=1, 2, \dots, 7$)

Los vectores se ubicaron en las zonas a lo largo de los meridianos correspondientes a los orígenes Gauss-Krüger usados en Colombia, como se muestra en la figura 1. Se tomaron cuatro orígenes (W, B, E y EE), los demás orígenes están en su mayor parte en zona marítima. Cada uno de los vértices

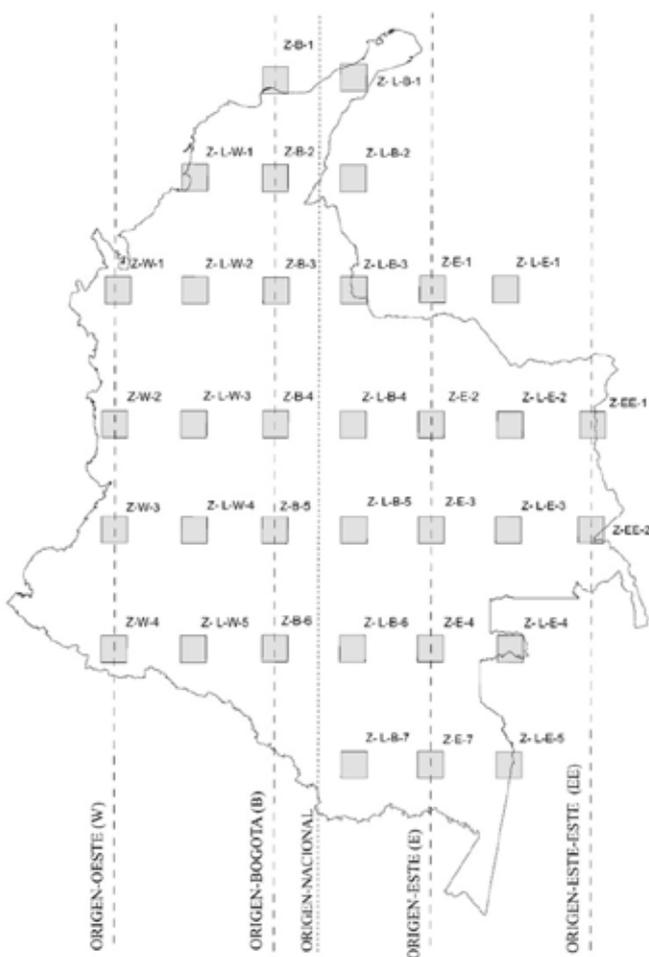


Figura 1. Zonas seleccionadas en las cuales se realizó la proyección de los vértices de los vectores geodésicos a los planos Gauss-Krüger; Origen Nacional y Castesiano Local.

Tabla 2. Coordenadas elipsoidales que se proyectaron para el cálculo de la deformación de los arcos geodésicos

id	ZONA	ϕ_i		λ_i		ϕ_j		λ_j		id	ZONA	ϕ_i		λ_i		ϕ_j		λ_j	
		°		°		°		°				°		°		°		°	
1	ZW1	7.76	N	77.24	W	7.44	N	76.92	W	18	ZLB3	7.76	N	72.74	W	7.44	N	72.42	W
2	ZW2	4.76	N	77.24	W	4.44	N	76.92	W	19	ZLB4	4.76	N	72.74	W	4.44	N	72.42	W
3	ZW3	2.76	N	77.24	W	2.44	N	76.92	W	20	ZLB5	2.76	N	72.74	W	2.44	N	72.42	W
4	ZW4	0.76	N	77.24	W	0.44	N	76.92	W	21	ZLB6	0.76	N	72.74	W	0.44	N	72.42	W
5	ZLW1	9.76	N	75.74	W	9.44	N	75.41	W	22	ZLB7	1.76	S	72.74	W	2.08	S	72.42	W
6	ZLW2	7.76	N	75.74	W	7.44	N	75.42	W	23	ZE1	7.76	N	71.24	W	7.44	N	70.92	W
7	ZLW3	4.76	N	75.74	W	4.44	N	75.42	W	24	ZE2	4.76	N	71.24	W	4.44	N	70.92	W
8	ZLW4	2.76	N	75.74	W	2.44	N	75.42	W	25	ZE3	2.76	N	71.24	W	2.44	N	70.92	W
9	ZLW5	0.76	N	75.74	W	0.44	N	75.42	W	26	ZE4	0.76	N	71.24	W	0.44	N	70.92	W
10	ZB1	11.76	N	74.24	W	11.44	N	73.91	W	27	ZE5	1.76	S	71.24	W	2.08	S	70.92	W
11	ZB2	9.76	N	74.24	W	9.44	N	73.91	W	28	ZLE1	7.76	N	69.74	W	7.44	N	69.42	W
12	ZB3	7.76	N	74.24	W	7.44	N	73.92	W	29	ZLE2	4.76	N	69.74	W	4.44	N	69.42	W
13	ZB4	4.76	N	74.24	W	4.44	N	73.92	W	30	ZLE3	2.76	N	69.74	W	2.44	N	69.42	W
14	ZB5	2.76	N	74.24	W	2.44	N	73.92	W	31	ZLE4	0.76	N	69.74	W	0.44	N	69.42	W
15	ZB6	0.76	N	74.24	W	0.44	N	73.92	W	32	ZLE5	1.76	S	69.74	W	2.08	S	69.42	W
16	ZLB1	11.76	N	72.74	W	11.44	N	72.41	W	33	ZEE1	4.76	N	68.24	W	4.44	N	67.92	W
17	ZLB2	9.76	N	72.74	W	9.44	N	72.41	W	34	ZEE2	2.76	N	68.24	W	2.44	N	67.92	W

extremos que forman los arcos geodésicos se proyectaron a planos Gauss-Krüger, al plano de la nueva proyección Origen Nacional, e igualmente sobre planos cartesianos locales. Para realizar la proyección de los vértices a cada plano, se utilizaron los modelos matemáticos correspondientes, los cuales están incluidos en este documento.

En la tabla 2, se muestran las coordenadas elipsoidales (ϕ_i , λ_i), (ϕ_j , λ_j) y la altitud ortométrica del vértice i (H_i), con estas coordenadas se conformaron los arcos que se proyectaron a los diferentes planos (Gauss-Krüger, Origen Nacional y Cartesiano Local), y así calcular la deformación de los vectores al pasar de una superficie elipsoidal a una plana.

3. RESULTADOS

En la figura 2 se muestra la deformación que sufre un vector de 50 kilómetros proyectado a los planos: Gauss-Krüger, Origen Nacional y Cartesiano local; los vectores se ubicaron en las zonas indicadas en la figura 1. De manera general la más baja deformación del vector se presenta al proyectarlo al plano cartesiano local; en el

plano Gauss-Krüger la mayor deformación es de unos 17,16 metros, mientras que en el plano del «Origen Nacional», la mayor deformación está cerca de los 147,8 metros. Para el caso de arcos con distintas magnitudes proyectados a los planos ya mencionados, los resultados se muestran más adelante.

3.1.1 DEFORMACIÓN DE ARCOS CON DISTINTAS MAGNITUDES PROYECTADOS A LOS PLANOS GAUSS-KRÜGER, CARTESIANO Y ORIGEN NACIONAL

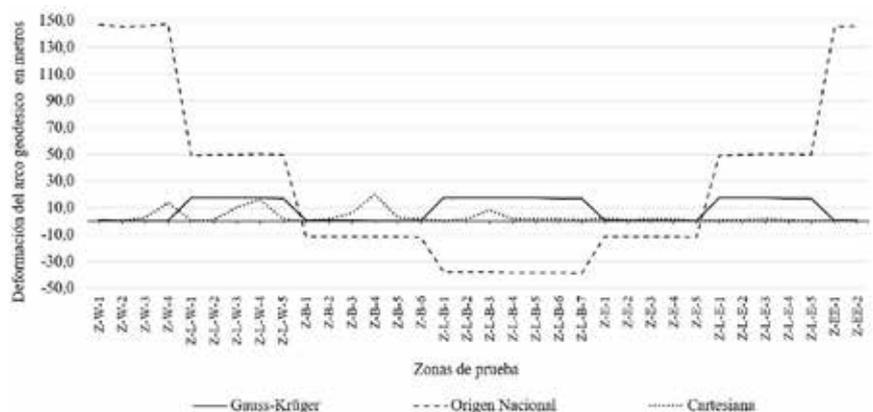


Figura 2. Deformación de un arco geodésico de 50 kilómetros, proyectado a los planos: Gauss-Krüger; Origen Nacional y Cartesiano local

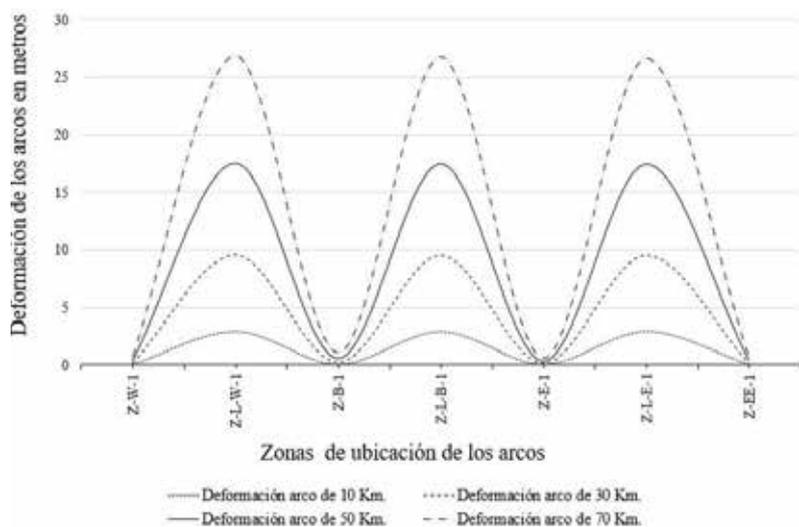


Figura 3. Deformación de arcos geodésicos de distintas magnitudes proyectados a planos Gauss-Krüger; a diferentes distancias del origen de proyección.

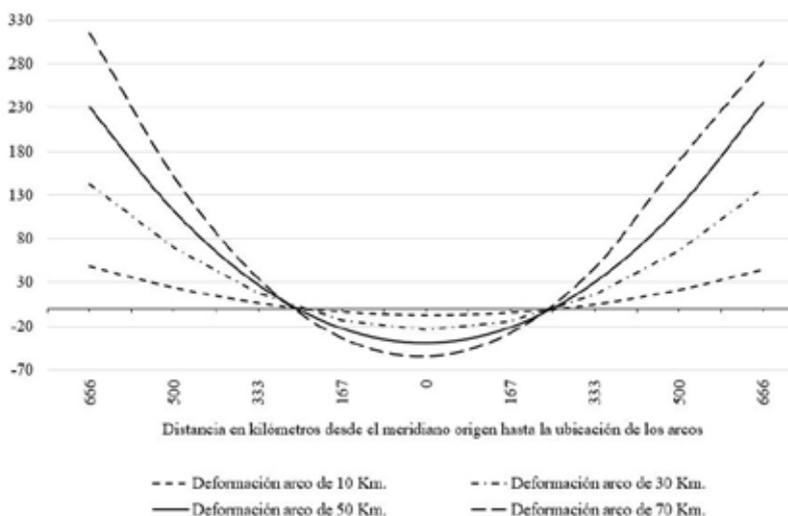


Figura 4. Deformación de arcos geodésicos de distintas magnitudes proyectados al plano de Origen Nacional, a distintas distancias del origen de proyección

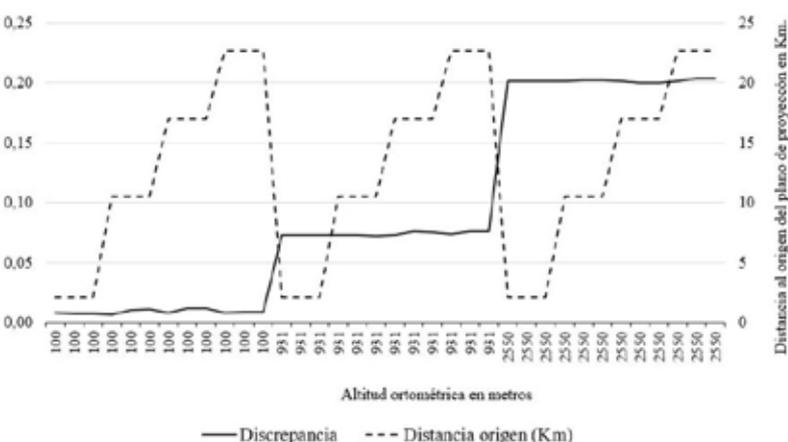


Figura 5. Deformación de arcos geodésicos de 500 metros, proyectados a planos cartesianos locales.

3.1.1.1 DEFORMACIÓN EN EL PLANO GAUSS-KRÜGER

Para hallar la deformación de un arco geodésico proyectado al plano Gauss-Krüger, se usaron arcos de 10, 30, 50 y 70 kilómetros, cada uno de ellos ubicados en las zonas indicadas en la figura 1, la deformación de los vectores proyectados se presenta según lo que predice la teoría de dicha proyección; es decir la deformación se incrementa en la medida que los puntos proyectados se alejan del meridiano origen de proyección. En la figura 3 se muestra que la deformación de los arcos siempre se da por exceso dada la naturaleza tangente de la proyección, la deformación cuando el arco está cerca del meridiano origen de proyección esta alrededor de 8 ppm, mientras si el vector está en límite del huso de proyección, su deformación no pasa de 325 ppm.

3.1.1.2 DEFORMACIÓN EN EL PLANO ORIGEN NACIONAL

En el plano de la proyección Origen Nacional, se usaron igualmente vectores de 10, 30, 50 y 70 kilómetros, dichos vectores se deforman de acuerdo con la condición geométrica secante de la proyección. En la figura 4, se observa que los vectores presentan siempre una deformación, ya sea por defecto o por exceso, en el primer caso cuando los vectores se encuentran a menos de 250 Km del meridiano origen, y por defecto cuando se encuentran a una distancia superior a esta. Así, para un vector de 70 Km, la menor deformación que sufre es de 410 ppm, mientras que, su mayor deformación es de 4.800 ppm.

3.1.1.3 DEFORMACIÓN EN EL PLANO CARTESIANO LOCAL

Dado que el plano cartesiano es usado en la proyección de pequeñas áreas, para la determinación de la deformación de los arcos, se tomaron arcos de 500 metros en tres centros poblados, los cuales se ubican a 100, 931 y 2.550 metros de altitud ortométrica. Como se observa en la figura 5, la distancia a la cual se ubica el arco desde el origen de proyección no contribuye de manera manifiesta la deformación de los arcos, mientras que la altitud ortométrica afecta directamente, produciendo una deformación de unas 16 ppm por cada 100 metros de altitud.

3.1.2 DEFORMACIÓN DE LAS ÁREAS PROYECTADAS

Para determinar la deformación que presenta una superficie proyectada desde el elipsoide de referencia a cada uno de los planos ya mencionados, se formó un triángulo sobre el elipsoide, con base en las coordenadas (ϕ , λ) y utilizando la métrica del problema geodésico inverso, se hallaron los arcos geodésicos y como los arcos se eligieron que fueran perpendiculares, el ángulo entre dichos arcos se tomó de 45° , y mediante la ecuación (11) se calcularon las áreas respectivas. Así mismo una vez proyectados los vectores se formaron triángulos planos en las respectivas zonas, el área de dichos triángulos fue obtenida mediante la fórmula de Herón la cual se muestra en la ecuación (12),

$$Area = 1/2 * b * c * \text{seno}(A) \quad (11)$$

Donde:

b y c son arcos de un triángulo geodésico, y A el ángulo entre estos vectores.

$$A = \sqrt{(s-a)(s-b)(s-c)} \quad (12)$$

donde:

a, b, y c son los lados de un triángulo plano.

$$s = (a+b+c)/2$$

3.1.2.1 DEFORMACIÓN DEL ÁREA DE UN POLÍGONO ELIPSOIDICO AL SER PROYECTADO AL PLANO GAUSS-KRÜGER

La deformación de una superficie al ser proyectada a un plano Gauss-Krüger sigue el mismo comportamiento que el advertido para los vectores, es decir la menor deformación se presenta cuando las superficies están cerca del meridiano origen de proyección, mientras que aquellas que están en el límite del origen, sufren la mayor deformación, esto se puede ver en la figura 6. Desde lo cuantitativo para un área de 625 Km^2 tiene su menor deformación por exceso de $0,042 \text{ Km}^2$, equivalente a 67 ppm, mientras que la mayor deformación es de $1,12 \text{ Km}^2$, equivalente a 1.800 ppm.

3.1.2.2 DEFORMACIÓN DEL ÁREA DE UN POLÍGONO ELIPSOIDICO AL SER PROYECTADO AL PLANO CARTESIANO LOCAL

La deformación de una superficie al ser proyectada a un plano cartesiano local es directamente proporcional a la altitud ortométrica del punto origen de proyección de dicho plano, es decir a mayor altitud en que se halle el plano de proyección, mayor será la deformación, esto se puede ver en la figura 7. Para un área de 625 Km^2 tiene una deformación por exceso de $0,291 \text{ Km}^2$, equivalente a 466 ppm, mientras que la mayor deformación se presenta para un área de $625,7 \text{ Km}^2$ con una deformación igualmente por exceso de $0,982 \text{ Km}^2$, equivalente a 1.570 ppm.

3.1.2.3 DEFORMACIÓN DEL ÁREA DE UN POLÍGONO ELIPSOIDICO AL SER PROYECTADO AL PLANO ORIGEN NACIONAL

La deformación de una superficie al ser proyectada al plano de la nueva proyección «Origen Nacional» sigue el mismo patrón que el presentado en el caso de los vectores, como se puede ver en la figura 8, así sobre el meridiano origen del plano de proyección un área de 625 Km^2 , tiene una deformación de un Km^2 por defecto, es decir el área se hace más pequeña, este valor equivale a 1.594 ppm. Mientras que la menor deformación se ubica a una distancia de 167 km del meridiano origen del plano de proyección, allí un área de $624,5 \text{ Km}^2$ tiene una deformación por defecto de $1,6\text{E}-5 \text{ Km}^2$, equivalente a 15 ppm, mientras que la mayor deformación se presenta a 666 Km del meridiano origen del plano de proyección, allí un área de $624,8 \text{ Km}^2$ sufre una deformación por exceso de $6,2 \text{ Km}^2$, equivalente a 9.875 ppm.

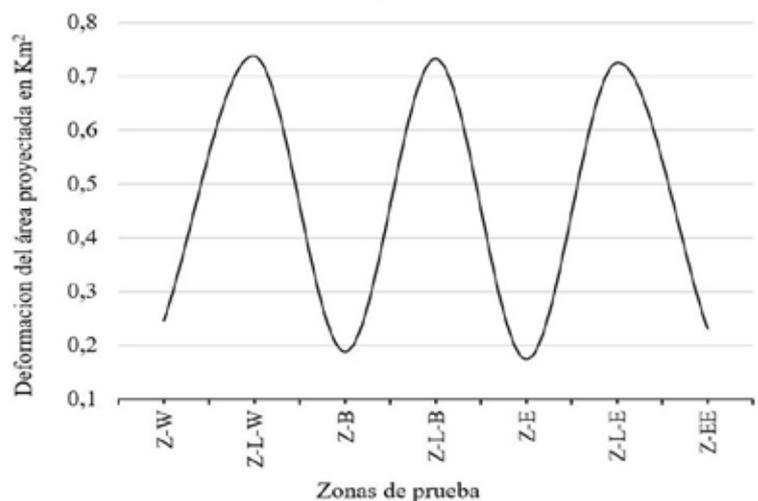


Figura 6. Discrepancias de las áreas calculadas sobre el plano Gauss-Krüger con respecto a las áreas sobre el elipsoide de referencia

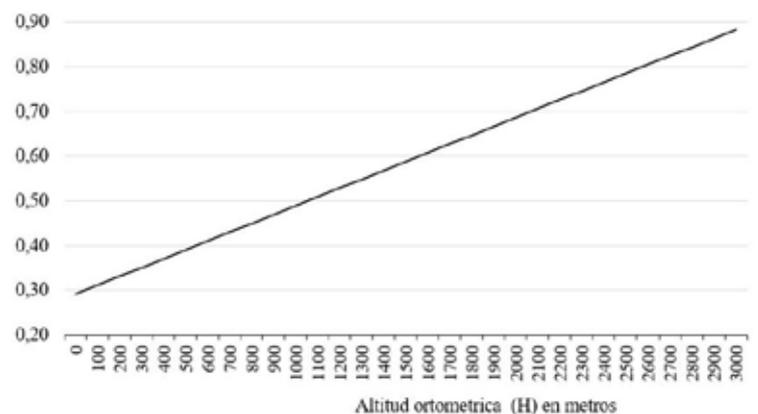


Figura 7. Discrepancias de las áreas calculadas sobre el plano Gauss-Krüger con respecto a las áreas sobre el elipsoide de referencia

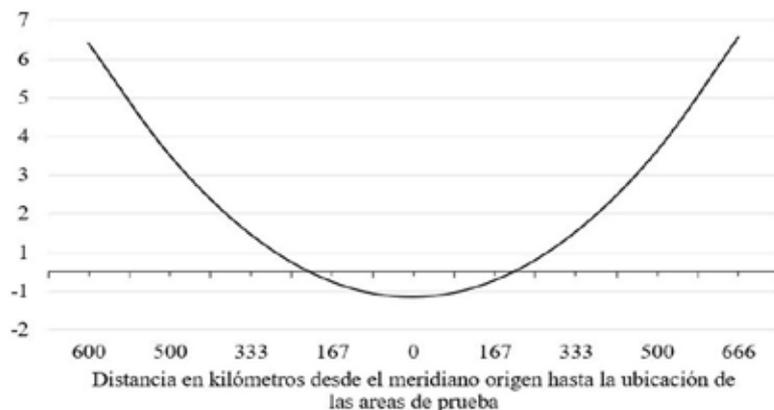


Figura 8. Discrepancias de las áreas calculadas sobre el plano Origen Nacional con respecto a las áreas sobre el elipsoide de referencia

4. CONCLUSIONES

1. Cuando se tengan que elegir las distancias óptimas para establecer orígenes cartesianos, para minimizar las deformaciones, no sólo se deben tener en cuenta la extensión de los planos de proyección y las distancias al punto origen de proyección, se debe considerar también la altitud ortométrica donde se ubiquen los puntos orígenes de los planos de proyección, dado que la deformación de los vectores y por ende las áreas tienen una relación directa creciente con la altitud ortométrica.
2. Las deformaciones de los arcos en la proyección Gauss-Krüger solo son influenciadas por la distancia al meridiano origen, así, para minimizar las deformaciones, los husos geográficos o amplitud de los planos debe ser menor a unos 165 kilómetros, con lo cual las características de la actual proyección Gauss-Krüger usada en Colombia es apropiada.
3. Para la nueva proyección «Origen Nacional»; se debe tener en cuenta que la extensión del territorio nacional de este a oeste en la parte continental es de 1.391 Km, y el meridiano origen se ubica muy cerca de la media de esta distancia, la mayor distancia entre el meridiano origen y el extremo es de unos 695 Km, a esta distancia los vectores sufren una distorsión de unas 5.122 ppm; esta deformación supera en más de 4.790 ppm a la deformación máxima que sufre el mismo vector en la proyección Gauss-Krüger.
4. Las áreas proyectadas cumplen los mismos patrones a los presentados en los vectores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Campos, J. D. (2016). Técnicas de representación de los "you-are-here maps" e imagen de la ciudad: análisis y aplicación al patrimonio construido, centros históricos. Tesis doctoral UDC.

FGCC. (1984). Standards and specifications for geodetic control networks. Rockville, Maryland: Federal Geodetic Control Committee.

IGAC. (2004). Aspectos prácticos de la adopción del marco geocéntrico nacional de referencia MAGNA SIRGAS como Datum oficial de Colombia. Bogotá: Subdirección de Geografía y Cartografía. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

IGAC. (1980). Red de Triangulación Fundamental del D.E. Vértices Topográficos de la Ciudad de Bogotá. Bogotá. Bogotá: IGAC. Bogotá: IGAC.

Martín, L. J. (2015). Historia de las Proyecciones Cartográficas. Madrid: Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).

Rozo, M. D. (1942). Sistema de Proyección para la Carta Geográfica de Colombia. Bogotá: Instituto Geográfico Militar y Catastral.

Rozo, D. M. (1944). Estudio de la proyección sinusoidal para el mapa de Colombia. Revista de la academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales correspondiente de la española, 527-535.

Seong, J. C. (2002). The sinusoidal projection: A new importance in relation to global image data. The Professional Geographer, 218-225.

Sevilla, M. J. (1986). Cartografía matemática. Topografía y Cartografía, 11-22.

Snyder, J. P. (1987). Map projections--A working manual (Vol. 1395). US Government Printing Office.

Suay Artal, J. (2000). Análisis pormenorizado de un problema crucial de Geografía Matemática: la determinación del punto. Alicante: Universidad de Alicante.

Torres, R. I. (2005). Lo que Euler le dijo al cartógrafo (1ª parte). . Sigma: revista de matemáticas= matematika aldizkaria, (27), 81-106.

Vázquez, A. V. (2008). Aplicación de las matemáticas en el primer enlace geodésico entre Europa y África. Mapping, (124), 52-56.

Sobre el autor

Edilberto Niño-Niño

Ingeniero Catastral y Geodesta, especialista en Ciencias Astronómicas, máster en Ciencias de la Información y las Comunicaciones. Desde el año 2008 docente en las áreas de Astronomía y Geodesia en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas -Bogotá Colombia-.

GEODRONE

CONYCA AERO



PRECISOS · VERSÁTILES · ROBUSTOS



Llega donde nadie ha llegado

Cartografía grandes áreas de manera sencilla, rápida y precisa.

GNSS PPK Y RTK A BORDO

DSM-MODELO DIGITAL, ORTOFOTO, RESTITUCIÓN, Y ADEMÁS...



TOPOGRAFÍA, DEFENSA, CATASTRO, AGRICULTURA, OBRA CIVIL, INSPECCIÓN, REALIDAD AUMENTADA Y VIRTUAL, RESTITUCIÓN ESTEREOSCÓPIA.

WWW.GEODRONE.ES

info@geodrone.es

+34 91 382 40 72

La participación público-privada en la recuperación y mejora geométrica de líneas límite municipales. Caso práctico de Alberic y Gavarda, Valencia (España)

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 201, 16-21
julio-agosto 2020
ISSN: 1131-9100

Public-private partnership in the recovery and geometric improvement of the municipal boundary lines. Case of study of Alberic and Gavarda, Valencia (Spain)

Ramón Iborra-Fabra, Carmen Femenia-Ribera, Gaspar Mora-Femenia

Resumen

La participación público-privada en el proceso de recuperación y mejora geométrica de las líneas límite municipales tiene la dualidad de impulsar las actividades económicas de los profesionales, así como de agilizar el proceso de regularización técnica de estas. En el caso de la línea límite municipal Alberic y Gavarda, en la provincia de Valencia (España), la participación público-privada se realizó en base al procedimiento y pliego de aplicación del Instituto Geográfico Nacional (IGN) de la recuperación de líneas límite municipales. Partiendo del asesoramiento inicial de la propuesta de soluciones, continuando con los trabajos técnicos de reconocimiento de mojones existentes, observación y replanteo de los desaparecidos, así como en la firma del acta adicional al acta de deslinde, realizada de 1903, ratificación plenaria y posterior inscripción en el Registro Central de Cartografía (RCC).

Abstract

The public-private partnership in the process of recovery and geometric improvement of the municipal boundary lines has the duality of motivating the economic activities of professionals, as well as accelerate their process of technical regularization. In the case of Alberic and Gavarda municipal boundary line, in Valencia (Spain), a public-private partnership was carried out based on the proposed solutions, continuing with the technical work of reconnaissance of existing cairns, observation and redesign of those missing, as well as the sign of the Additional Minute to the Delimitation Minute, carried out in 1903, plenary endorsement and subsequent registration in the Cartography Central Register.

Keywords: deslinde, amojonamiento, término municipal, límite jurisdiccional, asociación público-privada (PPP), cartografía catastral, actas, cuadernos de campo.

Palabras clave: to survey, making boundaries, municipal boundary, jurisdiction area, public-private partnership (PPP), cadastral map, minute, notebook

Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia
y Fotogrametría. Universitat Politècnica de València, España
raibfab@doctor.upv.es
cfemenia@cgf.upv.es
joamona@cgf.upv.es

Recepción 12/12/2019
Aprobación 23/12/2019

1. INTRODUCCIÓN

El estudio descrito en el presente artículo es fruto de la experiencia en el trabajo realizado como profesional técnico liberal (participación privada) durante los años del 2013 al 2015 y de la colaboración activa de las corporaciones municipales de los municipios de Alberic y de Gavarda (participación pública). En base al procedimiento técnico y administrativo del Instituto Geográfico Nacional (IGN) de la recuperación de líneas límite municipales.

Los municipios de Alberic y Gavarda, se encuentran en el interior de la provincia de Valencia, en la comarca de la Ribera Alta (al este de España). A lo largo de la línea límite municipal común se ubica, en el municipio de Alberic, las urbanizaciones de «Monte Júcar» y «San Cristóbal», así como una zona residencial sin desarrollar y descalificada, en términos urbanísticos, llamada «Los Rosales». En el municipio de Gavarda, se ubica una explotación minera de extracción de áridos en desuso, con un complejo proceso de restauración y próxima al casco urbano de Gavarda y la urbanización «Los Rosales», y numerosas explotaciones agrarias (figura 1).

En el año 2013 el municipio de Gavarda estaba iniciando su futuro planeamiento urbanístico, y desconocía la delimitación exacta de su término municipal, y dadas las peculiaridades de esa zona dicha corporación municipal propone a la corporación municipal de Alberic la regularización de la línea de término común, los cuales solicitan la prestación del servicio técnico profesional para el reconocimiento y adecuación de la situación urbanística y ambiental existente.

2. ESTADO ACTUAL DE LA PARTICIPACIÓN PÚBLICO - PRIVADA

El Instituto Geográfico Nacional [<https://www.ign.es/web/ign/portal/rcc-info-delimitaciones>] inició en 2012 distintas campañas de información, orientada a las entidades municipales, con el fin de incentivar la

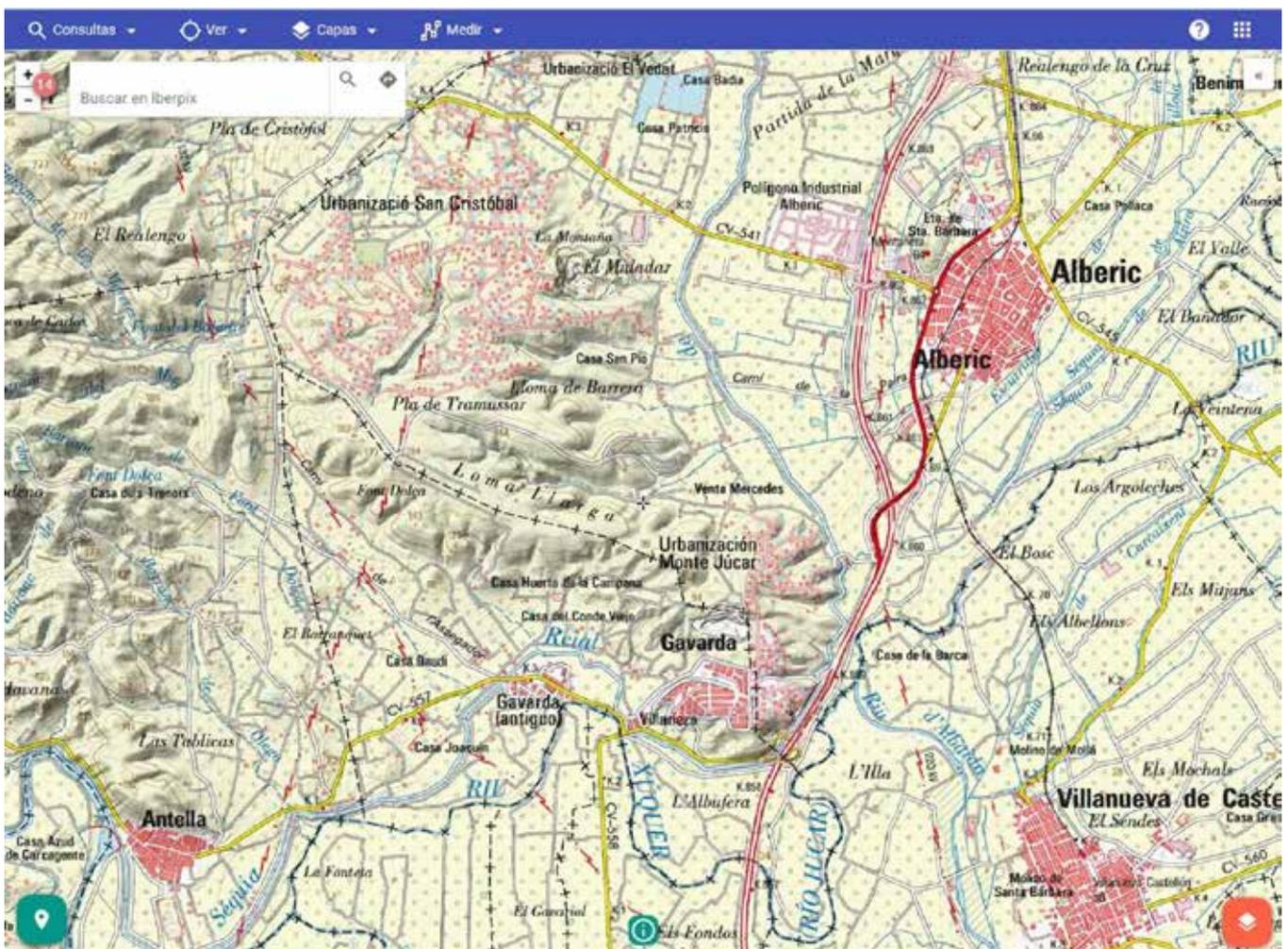


Figura 1. Ámbito geográfico de la línea límite municipal de Alberic y Gavarda, Valencia (España). Fuente: IGN (Iberpix)

recuperación y mejora geométrica de las líneas límite jurisdiccionales. Fruto de estas actuaciones, es el procedimiento y pliego de condiciones técnicas para la recuperación y mejora geométrica de las líneas límite jurisdiccionales [https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/RCC-Procedimiento-Replanteos.pdf]. Documento mediante el cual el Instituto Geográfico Nacional articula, entre distintas modalidades, la participación de profesionales en las tareas de recuperación y mejora geométrica de las líneas límite jurisdiccionales.

En la actualidad, el Instituto Geográfico Nacional está realizando los trabajos técnicos y asesorando el referendo jurídico dentro de convenios suscritos con las comunidades autónomas de Cantabria y de Castilla la Mancha, además de acometer también labores de recuperación y mejora de líneas límite municipales entre distintas CC. AA (Cantabria con Castilla y León, Castilla La Mancha con Murcia y con Aragón).

En la Comunidad Valenciana, los trabajos de recuperación y mejora geométrica de las líneas límite municipales, se iniciaron en 2016, tras la solicitud del municipio de Benissanó a la Presidencia de la Generalitat Valenciana, de subsanar las discrepancias de su línea límite con el municipio de Lliria.

Desde entonces, el Institut Cartogràfic Valencià (ICV) [http://www.icv.gva.es/va/delimitacio-municipal], ha licitado por medio de contratos de servicios menores y de concursos públicos los trabajos técnicos para la recuperación y mejora geométrica de las líneas municipales.

3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

En este sentido, los municipios de Alberic y de Gavarda, iniciaron la recuperación y mejora geométrica de su línea límite común, así como los municipios de Antella y Villanueva de Castellón con los que comparten los mojones de tres términos municipales.

De las distintas modalidades, las corporaciones municipales de Alberic y de Gavarda escogieron contratar los servicios de un profesional del sector privado el cual inició las gestiones oportunas para solicitar al Servicio Regional del IGN en la Comunidad Valenciana del IGN las Actas de Deslinde y los Cuadernos de Campo correspondientes a los municipios citados.

La documentación técnica fue entregada por el Servicio Regional del IGN a las corporaciones municipales a mediados del mes de junio de 2013. Actualmente, las antiguas actas, cuadernos y reseñas de líneas límite, están disponibles de manera libre y gratuita a través del

centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), como documentación geográfica antigua. También las hojas registrales están disponibles para su descarga; son la forma de acceder a la historia jurídica de la línea, porque algunas de las actas antiguas descargables como documentación antigua, pueden no ser válidas porque haya habido resolución administrativa o sentencia judicial posterior. Al igual que la difusión de la información relativa a las delimitaciones territoriales [https://www.ign.es/web/ign/portal/rcc-area-rcc].

La documentación de referencia facilitada estuvo formada por las Actas de Deslinde, por los Cuadernos de Campo y por planos geométricos por términos municipales a escala 1:25.000, conocidos comúnmente como «pañoletas» o minutas planimétricas y altimétricas (figura 2).

En este caso, el Acta de Deslinde fue levantada el 20 de septiembre de 1903 habiendo conformidad en el reconocimiento de los mojones y en la forma en que se unen. Las observaciones descritas en el Cuaderno de Campo fueron realizadas el 1 de octubre de 1903, con una brújula taquimétrica de Aquino con graduación anormal, para la realización de observaciones angulares, y una estadía para la observación de las distancias. Tras la observación del conjunto de líneas límite del municipio se confeccionó la «pañoleta» junto con las vías de comunicación del municipio, en diciembre de 1903.

Los documentos descritos fueron realizados por los técnicos del Instituto Geográfico y Estadístico, cuyo director fue D. Carlos Ibáñez de Ibero [1], siendo la edición del Mapa Topográfico Nacional [2].

Se instó a los responsables políticos de las poblaciones al señalamiento de su término municipal mediante mojones o hitos permanentes junto con las instrucciones para realizar este [3] con el fin determinar con exactitud y claridad el territorio a cada Ayuntamiento extiende su acción administrativa.

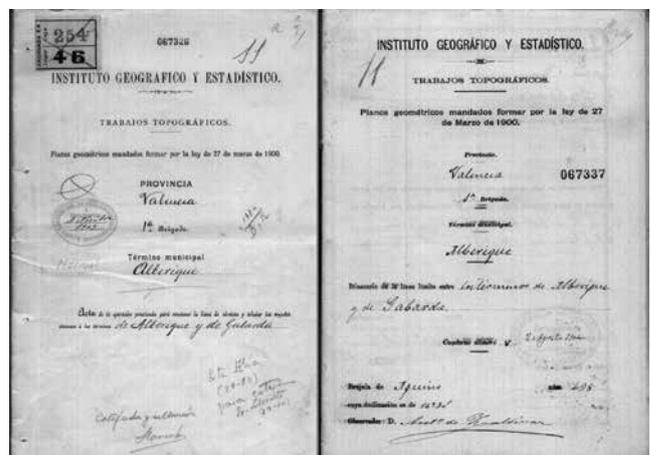


Figura 2. Portadas acta de deslinde y cuaderno de campo, 1903. Fuente: IGN con edición propia

La información gráfica que ayudó de manera significativa para el reconocimiento de los mojones que componen la línea límite municipal fueron los planos topográficos - parcelarios de los polígonos catastrales,

conocidos como «catastrones», del ámbito de trabajo y ambos municipios. Estos planos fueron obtenidos en formato digital del Archivo Histórico del Antiguo Reino de Valencia.

En el caso de Alberic, los planos topográficos - parcelarios fueron concluidos en 1928, siendo aprobados por la junta pericial en octubre de 1930.

En los planos citados, realizados por el Instituto Geográfico y Catastral para una escala de representación de 1:2.000, de los elementos a representarse se incluye la línea límite jurisdiccional [2], [4].

De esta manera, surgen dos representaciones de un mismo hecho, con una variación temporal de aproximadamente 30 años, pero con propósito diferente y a escalas de representación muy distintas [5]. Por una parte, la administrativa, en la cual se sustenta la actual definición de municipios, de provincias y el estado y, por otra parte, la fiscal que trata de determinar la riqueza del territorio. La correcta delimitación de dicha línea sería interesante que finalmente fuera también plasmada en la cartografía catastral.

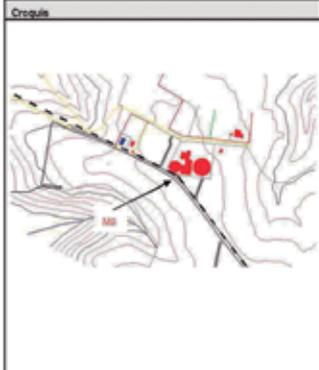
MEJORA GEOMÉTRICA DE LÍNEA LÍMITE JURISDICCIONAL																					
ITINERARIO DE LA LÍNEA LÍMITE ENTRE LOS AYUNTAMIENTOS DE: Alberic (46011) y Gavarda (46130)																					
Denominación del Mojón:	Mojón 9																				
Denominación Histórica:	31-M9																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Coordenadas UTM ETRS89</th> <th colspan="2">Coordenadas Geodésicas ETRS89</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X:</td> <td>706663,777</td> <td>Longitud:</td> <td>0° 34' 33,54288" W</td> </tr> <tr> <td>Y:</td> <td>4339957,896</td> <td>Latitud:</td> <td>39° 6' 49,27433" N</td> </tr> <tr> <td>H:</td> <td>668,023</td> <td>Factor de escala:</td> <td>1,00044378</td> </tr> <tr> <td>Fecha:</td> <td>14-10-2013</td> <td>Referencia Catastral:</td> <td>9621639YJ0302S0001OK</td> </tr> </tbody> </table>		Coordenadas UTM ETRS89		Coordenadas Geodésicas ETRS89		X:	706663,777	Longitud:	0° 34' 33,54288" W	Y:	4339957,896	Latitud:	39° 6' 49,27433" N	H:	668,023	Factor de escala:	1,00044378	Fecha:	14-10-2013	Referencia Catastral:	9621639YJ0302S0001OK
Coordenadas UTM ETRS89		Coordenadas Geodésicas ETRS89																			
X:	706663,777	Longitud:	0° 34' 33,54288" W																		
Y:	4339957,896	Latitud:	39° 6' 49,27433" N																		
H:	668,023	Factor de escala:	1,00044378																		
Fecha:	14-10-2013	Referencia Catastral:	9621639YJ0302S0001OK																		
<p>Reseña</p> <p>Mojón de mampostería, de forma cónica, de 80 cm de diámetro y 80 cm de altura. Está ubicado en la fachada posterior de la parcela 911 de la Urbanización San Cristóbal. Se accede desde el Mojón 8º por camino privado. La línea de término reconocida entre el octavo mojón y el noveno es la recta que les une es la recta que les une.</p>	<p>Fotografías</p> 																				
<p>Croquis</p> 	<p>Fotografías</p> 																				

Figura 3. Imagen reseña mojón 9º (M9). Fuente: realización propia

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

En el acto de entrega, los técnicos del IGN orientaron en los pasos a seguir, en materia técnica y jurídica, para la realización exitosa del procedimiento de recuperación y mejora geométrica de la línea límite común.

Tras la recepción de la documentación técnica, se iniciaron los primeros trabajos topográficos de desarrollo del cuaderno de campo y del análisis de las actas deslinde, tomando como referencia la descripción de los mojones, la toponimia local, así como las «pañoletas» y los «catastrones». El resultado de este primer análisis documental permitió, a mediados del mes de julio de 2013, el reconocimiento de los mojones existentes por parte de las comisiones de deslinde creadas por los municipios de Alberic y de Gavarda (figura 3).

La línea límite común a Alberic y Gavarda tiene el mojón inicial, de tres términos, en el eje geométrico del Río Júcar, correspondiente al año 1903. Este mojón, es común al municipio de Villanueva de Castellón. Debido a la imposibilidad de su materialización, tiene un mojón auxiliar el cual fue destruido por la construcción de la Autovía A7, así como el mojón segundo el cual ubica en el centro de la antigua batería de defensa de origen morisco que durante el proceso de restauración fue destruido el mojón. El resto de los mojones, hasta el décimo que es común al municipio de Antella, se observaron en buen estado de conservación.



Figura 4. Plano 2 con distribución de los mojones M2, M3 y M4 a lo largo de la línea límite jurisdiccional, sobre ortofoto PNOA. Fuente: elaboración propia



Figura 5. Acto de la firma del acta adicional (alcaldes, IGN y profesional liberal, 2014). Fuente: Gabinete de prensa del Excmo. Ajuntament d'Alberic.

Tras el reconocimiento de los mojones existentes en la actualidad se procedió a la mejora geométrica de estos, mediante la observación con instrumentación topográfica GNSS [6], y la recuperación de los destruidos. Para ello se partió de las coordenadas topográficas observadas de los mojones 3 y 4, así como de las observaciones relativas a los mojones destruidos, incluido el auxiliar del mojón de tres términos (figura 4).

5. RESULTADOS

Realizado el trabajo topográfico de obtención de la posición de los mojones de la línea límite, en el sistema cartográfico oficial [7], las comisiones de deslinde de los municipios de Alberic y Gavarda solicitaron al IGN, la comprobación de los trabajos técnicos realizados, en enero de 2014, previo a la firma del Acta Adicional a las Actas de Deslinde, en octubre de 2014.

Con la firma del Acta Adicional (figura 5) al Acta de Deslinde y su ratificación plenaria de cada una de las entidades locales de Antella, Alberic, Gavarda y Villanueva de Castellón se procedió a la presentación en el Registro Central de Cartografía (RCC) de la documentación técnica y jurídica, siendo incluida en la Hoja Registral de la línea límite

[<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=LILIM>], en abril de 2015 [8], [9]. Tras la publicidad en el IGN y su incorporación al equipamiento geográfico de referencia, se concluyeron los trabajos técnicos para la recuperación y mejora geométrica de la línea límite de Alberic y Gavarda. La inscripción en el RCC es un paso fundamental en la culminación de los trabajos, puesto que se trata de un requisito previo necesario para para la incorporación de la línea

límite recuperada a la cartografía oficial (mención al decreto 1545/2007 del Sistema Cartográfico Nacional), es decir, a aquella producida por las Administraciones Públicas o bajo su dirección o control.

Las corporaciones municipales de los municipios de Alberic y Gavarda respetaron los acuerdos que realizaron sus antecesores en septiembre 1903 no siendo necesaria la aprobación de la recuperación y mejora geométrica de la línea límite por los parlamentarios del *Consell*, de la *Generalitat Valenciana* [10], [11].

6. CONCLUSIONES

La participación público-privada en la realización de los trabajos de recuperación y mejora geométrica de las líneas límite jurisdiccionales ayuda, de manera significativa, a la adecuación de las delimitaciones territoriales municipales a las exigencias técnicas y legislativas actuales.

No cabe duda, que en el caso de Alberic y de Gavarda hubo voluntad de colaboración, así como con los municipios de Antella y de Villanueva de Castellón que facilitaron el referendo jurídico. En este caso, el proceso de recuperación y mejora geométrica concluyó a los dos años (en el año 2015) con la publicación de la Hoja Registral por el Registro Central de Cartografía (RCC). De hecho, en la Comunidad Valenciana varios son los trabajos técnicos inicialmente realizados, pero pocos los realmente concluidos con su inscripción en el RCC. Por ello, para fomentar la delimitación, en el año 2016 el ICV inició los trabajos de recuperación y mejora geométrica de las líneas límite municipales; con sus primeros contratos en 2018. Como se puede apreciar es un procedimiento dilatado en el tiempo durante años que requiere, además de los trabajos técnicos, una clara voluntad política.

En el caso de Alberic-Gavarda, aunque ya concluidos los trabajos de recuperación de línea y su inscripción en el RCC (proceso que en otros municipios aún queda pendiente) aún se encuentra en tramitación el planeamiento urbanístico de Gavarda.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la confianza depositada en los profesionales técnicos liberales, por las corporaciones municipales, secretarios y técnicos de urbanismo de Alberic y Gavarda, así como a los técnicos del IGN en la participación público-privada y sus consejos profesionales. Así como la colaboración en los estudios realizados,

tanto del IGN, como del ICV en la Comunidad Valenciana. En especial al D. Marcos Pavo (Jefe del Área del Registro Central de Cartografía del IGN) por la revisión de este artículo.

REFERENCIAS

- M. de Fomento, «ESPAÑA. DECRETO de 12 de septiembre de 1870», *Gac. Madrid*, n.º 257, 14 de septiembre, pp. 1-2, 1870.
- E. Benitez-Aguado, «Deslinde y amojonamiento de términos municipales», *Rev. CT Catastro*, n.º 60, pp. 91-107, 2007.
- M. de Presidencia, «ESPAÑA. DECRETO de 23 de diciembre de 1970», *Gac. Madrid*, n.º 43, 12 de febrero, pp. 353-354, 1871.
- M. de Hacienda, «ESPAÑA. REAL DECRETO de 4 de septiembre de 1889», *Gac. Madrid*, n.º 247, 4 de septiembre, p. 787, 1889.
- C. Femenia-Ribera, E. Benitez-Aguado, G. Mora-Navarro, y J. Martinez-Llario, "Method of recovering municipal boundary lines in province of Valencia (Spain) by means of historical cadastral maps", *Surv. Rev.*, vol. 46, n.º 337, pp. 255-266, 2014.
- C. Cazallas Delfa, M. Rivera Lacomba, C. Femenia Ribera, y V. Rodrigo Pascual, «Metodología de definición de la línea de Término Municipal mediante técnicas GPS», *Topogr. y Cartogr.*, vol. XXVII, n.º 156, pp. 14-20, 2010.
- Ministerio de la Presidencia, «ESPAÑA. REAL DECRETO 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España», *Boletín Of. del Estado*, n.º 207, 29 de agosto de 2007, pp. 35986-35989, 2007.
- Jefatura del Estado, «ESPAÑA. LEY 7/1986, de 24 de enero, de Ordenación de la Cartografía», *Boletín Of. del Estado*, n.º 25, 29 de enero, pp. 4005-4006, 1986.
- Ministerio de la Presidencia, «ESPAÑA. REAL DECRETO 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional», *Boletín Of. del Estado*, n.º 287, 30 de noviembre, pp. 49215-49229, 2007.
- C. Valenciana, «COMUNIDAD VALENCIANA, LEY 8/2010, de 23 de junio, de régimen local de la Comunitat Valenciana», *Boletín Of. del Estado*, n.º 178, 23 de julio, pp. 64224-64288, 2010.
- C. de S. y Ciudadanía, «COMUNIDAD VALENCIANA. DECRETO 188/2010, de 12 de noviembre, del Consell, por el que se regula el Consell Tècnic de Delimitació Territorial», *D. Of. la General. Valencia.*, n.º 6398, 16 de noviembre, pp. 41868-41869, 2010.

Sobre los autores

Ramón Iborra-Fabra

Ingeniero en Geodesia y Cartografía, Ingeniero Técnico en Topografía por la Universitat Politècnica de València. Máster en Urbanismo, Catastro y Valoración por la Universidad de Jaén. Técnico especialista en Propiedad Inmobiliaria, Catastro y Valoración acreditado por el INGITE en la ISO 17024. Profesional liberal, miembro del Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica de España. En la actualidad, está realizando los estudios de doctorado, en la Universitat Politècnica de València en el programa de Doctorado en Ingeniería Geomática, sobre la «Adaptación de estándares internacionales a las delimitaciones territoriales: líneas límite jurisdiccionales municipales».

Carmen Femenia-Ribera

Desde el año 1998, Profesora Titular de Catastro en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica en la Universitat Politècnica de València (España). Ingeniero Técnico en Topografía y Doctor Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Responsable de labores de docencia e investigación en temáticas de Catastro, Registro de la Propiedad, sistemas de administración del territorio, coordinación cartográfica, legislación territorial, deslindes, servidumbres,... Participación en jornadas y congresos, publicación de libros y diversos artículos en revistas tanto técnicas como jurídicas relacionadas con Catastro, Registro y delimitación de la propiedad. Miembro activo de las distintas comisiones nacionales del Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica, COIGT (España) relacionadas con temáticas catastrales y de propiedad. Representante del COIGT en la comisión 7 de la FIG. Administradora del blog «¿Cuánto mide mi parcela?. Sobre Catastro, Cartografía y Delimitación de la Propiedad» [<http://planosypropiedad.com>].

Gaspar Mora-Navarro

Ingeniero Técnico en Topografía y Doctor en Ingeniería en Geodesia y Cartografía. Profesor colaborador en la Universitat Politècnica de València desde el año 2001, especialista docente e investigador en temas relacionados con información geográfica, bases de datos geoespaciales, desarrollo web y geoportales, sistemas de información geográfica, diseño asistido por ordenador y programación.

El papel de IDEAMB en la plataforma smart city del Área Metropolitana de Barcelona

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 201, 22-27
julio-agosto 2020
ISSN: 1131-9100

The role of IDEAMB in the Metropolitan Area of Barcelona smart city platform

Juan Carlos González González

Resumen

El Área Metropolitana de Barcelona (AMB) ha venido desarrollando durante el último lustro una plataforma de smart city denominada SmartAMB con la que pretende dar respuesta a los retos de mayor eficiencia en la gestión de sus activos competenciales, siendo este un claro exponente de escenario big data en el que la variable geográfica cobra un papel preponderante. En este contexto y teniendo en cuenta la dimensión de AMB como organización, resulta de vital importancia disponer de una infraestructura de datos espaciales (IDE) que facilite la catalogación, descubrimiento y utilización de todos los conjuntos de información georreferenciados, los cuales podrán ser integrados con otras fuentes de datos para desarrollar los flujos analíticos que se correspondan para facilitar la toma de decisiones.

Abstract

During the last five years, the Metropolitan Area of Barcelona (AMB) has been developing a smart city platform called SmartAMB with which it intends to respond to the challenges of greater efficiency in the management of its assets, this being a clear example of a big data scenario in which the geographic variable takes a fundamental role. In this context and taking into account the AMB dimension as an organization, it is vital to have a spatial data infrastructure (SDI) that facilitates the cataloging, discovery and use of all georeferenced datasets, which may be integrated with other data sources to develop the corresponding analytical data flows in order to facilitate decision making.

Palabras clave: IDE, smart city, big data, SIG, AMB.

Keywords: SDI, smart city, big data, GIS, AMB.

Área Metropolitana de Barcelona
jcgonzalez@amb.cat

Recepción 11/12/2019
Aprobación 22/12/2019

1. INTRODUCCIÓN

El Área Metropolitana de Barcelona (AMB) es la administración pública del territorio metropolitano de Barcelona, formado por un total de 36 municipios que ocupan una extensión de 636 Km² en el que se concentran más de 3,2 millones de personas, generadoras de más del 50% del PIB de Cataluña. El marco jurídico competencial de este organismo abarca ámbitos de gestión tan variados como el territorio y el urbanismo, la movilidad, la vivienda, el medio ambiente, el desarrollo económico y la cohesión social.

El desarrollo de cualquier competencia requiere un conocimiento exhaustivo de la materia de estudio y la caracterización de la misma mediante un conjunto de indicadores que permitan realizar un seguimiento de la evolución que los mismos experimentan. Solo así podrá evaluarse de forma objetiva y precisa la efectividad de las medidas adoptadas en ejercicio de dicha competencia. En consecuencia, desde un punto de vista práctico, la gestión competencial conlleva manejar una panoplia de fuentes de datos que es preciso analizar, integrar y correlacionar con otras, para lo cual es necesario disponer de una plataforma tecnológica que dé cobertura a todos estos procesos (incluyendo la interacción con todos aquellos elementos captadores de datos primarios externos a la plataforma) y que disponga de las herramientas de presentación y monitorización adecuadas a los distintos perfiles de usuario. Se trata por tanto de un escenario en el que se concitan las cuatro características típicas de los entornos *big data* (variedad, velocidad, volumen y veracidad) y es imprescindible dotarse de una arquitectura tecnológica adecuada.

En el caso particular del AMB se ha afrontado la

problemática *big data* reseñada en el contexto de la plataforma SmartAMB. Este proyecto, que marca una de las líneas estratégicas de la organización en el marco del proceso de transformación digital, persigue realizar una gestión más eficiente de los diferentes activos gestionados por esta institución. Desde un punto de vista arquitectónico y bajo el prisma de la información geográfica, la plataforma SmartAMB integra la búsqueda en el catálogo de la infraestructura de datos espaciales del AMB (IDEAMB), pieza clave dentro del sistema de información geográfica (SIG) corporativo que, en su conjunto, proporciona las herramientas de gestión y análisis espacial necesarias.

2. SMARTAMB

En el ámbito de las smart city las plataformas tecnológicas han de facilitar la innovación en la prestación de servicios, aglutinando múltiples sistemas que permitan la toma de decisiones mediante una estrecha colaboración entre los diferentes actores (administraciones, tejido empresarial y ciudadanía), garantizando una mejor comprensión de los patrones de comportamiento en distintas materias (consumo, movilidad, etc.) y facilitando la implementación de modelos de negocio diferentes que vayan adaptándose a la realidad de forma mucho más rápida en base a los distintos indicadores monitorizados.

SmartAMB comenzó a desarrollarse hace cinco años y en la actualidad cubre los ámbitos competenciales de gestión del espacio público (parques y playas metropolitanos, y río Llobregat), residuos y red de transporte público. Se trata, lógicamente, de una plataforma en continua evolución porque su utilización se está extendiendo

a otras áreas de negocio y porque la tecnología evoluciona continuamente, lo cual implica un constante proceso de adaptación.

La figura 1 muestra la arquitectura de la plataforma SmartAMB desde un punto de vista funcional. En ella observamos de izquierda a derecha el flujo de trabajo que se sigue, comenzando por la conexión con las diferentes fuentes de datos que permiten la ingesta, transformación y almacenamiento de la infor-

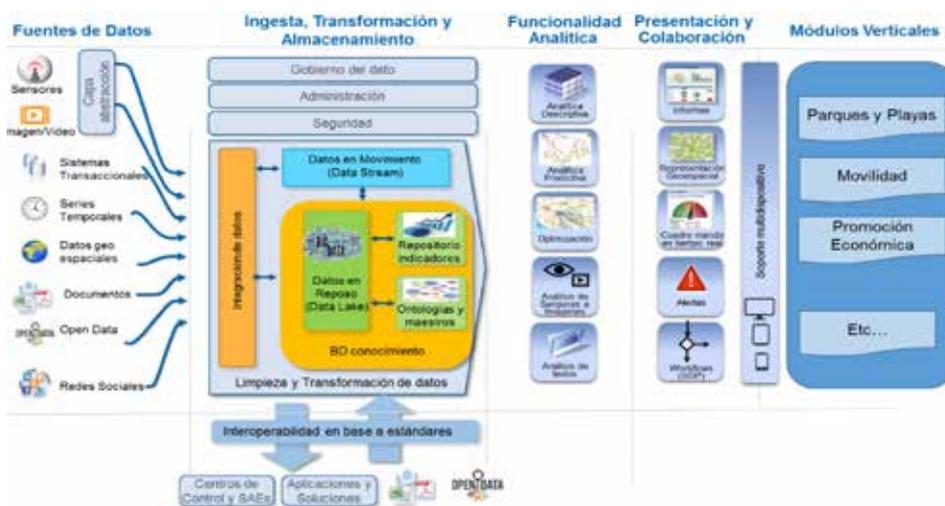


Figura 1. Arquitectura funcional.

mación. Llegados a este punto, entra en operación la capa de funcionalidad analítica *big data* cuyos resultados son difundidos a través de diferentes canales, mediante las diferentes interfaces desarrolladas para el proyecto (módulos verticales).

Por otro lado, desde una perspectiva conceptual, la figura 2 muestra los diferentes elementos de SmartAMB, concretados en uno de los casos de uso:

- Sistema de integración (1): es la pieza central de la plataforma y reúne las tres capas funcionales centrales que se muestran en la figura 1, es decir, desde la ingesta hasta la capa de presentación.
- Sistemas de sensorización (2): son el conjunto de componentes que permiten la operación remota de los diferentes sensores y actuadores que han sido desplegados por el territorio.
- Módulos verticales (3, 4 y 5): interfaces de usuario que facilitan la monitorización de los diferentes indicadores que evalúan la calidad de la gestión y facilitan la toma de decisiones por parte de las diferentes direcciones técnicas (espacio público, movilidad, etc.) y de los ayuntamientos, así como la interacción con los ciudadanos (habilitando canales que permiten formular quejas y sugerencias, así como realizar el seguimiento de las mismas).

En el caso de AMB, un análisis detallado del sistema de integración que realiza las funciones de orquesta-

ción de toda la plataforma nos permite diferenciar tres piezas fundamentales:

1. Centro de operaciones: encargado propiamente de la orquestación de los diferentes componentes de la plataforma en función de los flujos operativos definidos en el sistema, implementado con el software IBM Intelligent Operations Center (IOC).
2. Gestor de activos de la organización: encargado de controlar toda la operativa relacionada con los activos que AMB tiene desplegados en el territorio. Sobre cada uno de ellos se registra toda la actividad (órdenes de trabajo) que son ejecutadas por los equipos encargados del mantenimiento. Implementado con el software IBM Maximo.
3. SIG corporativo: aglutinador de los diferentes servicios Web que facilitan el acceso a la información geográfica relacionada con los activos de la organización gestionados y a las funciones de análisis espacial relacionadas con el cálculo de los distintos indicadores. Implementado con la plataforma ESRI ArcGIS Enterprise.

Estos tres componentes trabajan de forma coordinada y, centrando el análisis en el SIG corporativo, cabe reseñar que la interacción entre éste y los otros dos componentes del sistema de integración se realiza mediante el catálogo de la IDEAMB, que actúa como interfaz para que los gestores de SmartAMB puedan localizar los

activos que en materia de información geográfica se adecuan mejor a las necesidades de cada escenario de trabajo.

En lo que respecta a los diferentes sistemas de sensorización, indicar que la implementación de los mismos se ha realizado sobre la plataforma de código libre Sentilo (Sentilo, s.f.), desarrollada por el Ayuntamiento de Barcelona.

3. IDEAMB

Es habitual que las organizaciones de tamaño medio o grande adolezcan, por diferentes motivos, de cierta estanqueidad en cuanto a

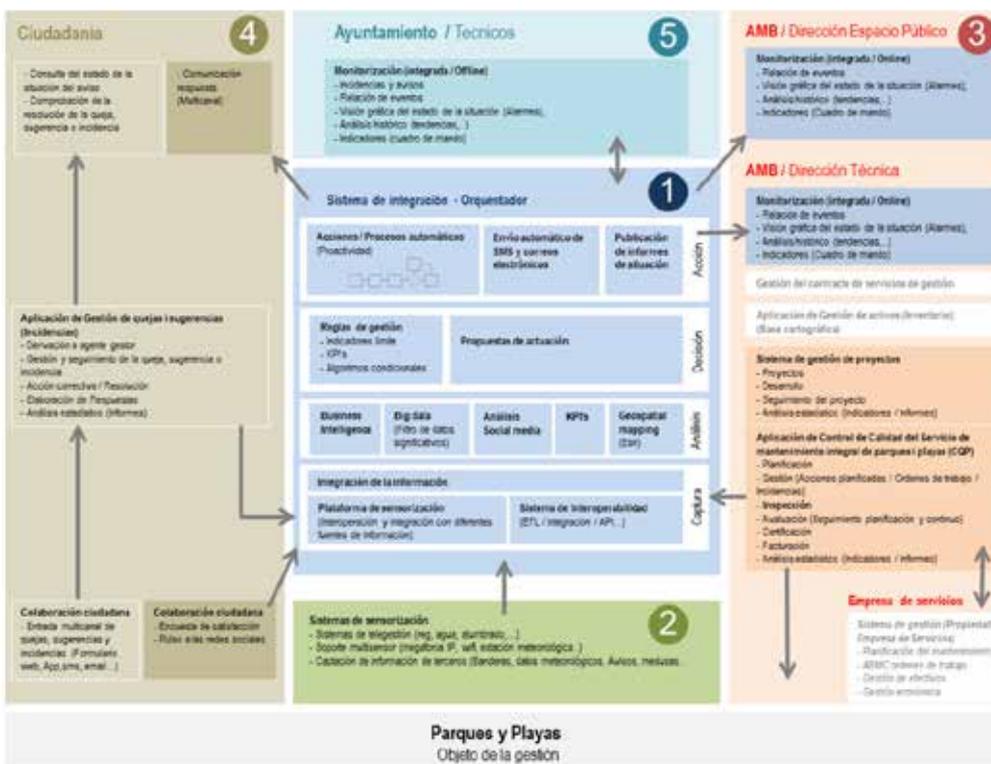


Figura 2. Arquitectura conceptual aplicada a la gestión de parques y playas.

la información que se genera y/o gestiona en los distintos departamentos. Estos silos de información dificultan en la práctica la puesta en funcionamiento de plataformas que persigan una gestión más eficiente de las competencias a partir de la integración y análisis conjunto de múltiples fuentes de datos.

En el marco de las *smart city* resulta imprescindible disponer de una visibilidad completa de los diferentes activos que en materia de información tiene una organización, entre los cuáles, al tratarse de la gestión de políticas desplegadas en el territorio, cobran especial importancia los conjuntos de información geográfica. Para facilitar la difusión de estos conjuntos es imprescindible disponer de un sistema que permita la catalogación de los mismos por parte de los productores. Este mismo sistema debe encargarse también de facilitar las herramientas para el descubrimiento y la utilización de los citados conjuntos por parte de los equipos encargados de aplicar las diferentes analíticas propias de cada negociado. En el ámbito de la información geográfica estos sistemas reciben el nombre de infraestructuras de datos espaciales (IDE).

Partiendo de la problemática reseñada y observando también las obligaciones marcadas por la Directiva del Parlamento Europeo INSPIRE 2007/2/CE (*Infrastructure for Spatial Information in Europe*) (UE, s.f.) y la Ley 14/2010 sobre las Infraestructuras y los Servicios de Información Geográfica en España (LISIGE) (IGN, s.f.), que incorpora INSPIRE al ordenamiento jurídico español, en el año 2017 el AMB decidió dar el primer paso para dotarse de su propia IDE, que se denominó IDEAMB (AMB, 2019). Este primer paso no fue otro que el de encargar una consultoría que ayudara a identificar y caracterizar la producción de los distintos departamentos y la definición de un perfil de metadatos propio para el AMB, basado en las normas ISO 19115 e ISO 19139 sobre la catalogación de conjuntos y servicios Web de información geográfica, respectivamente. En 2018 se

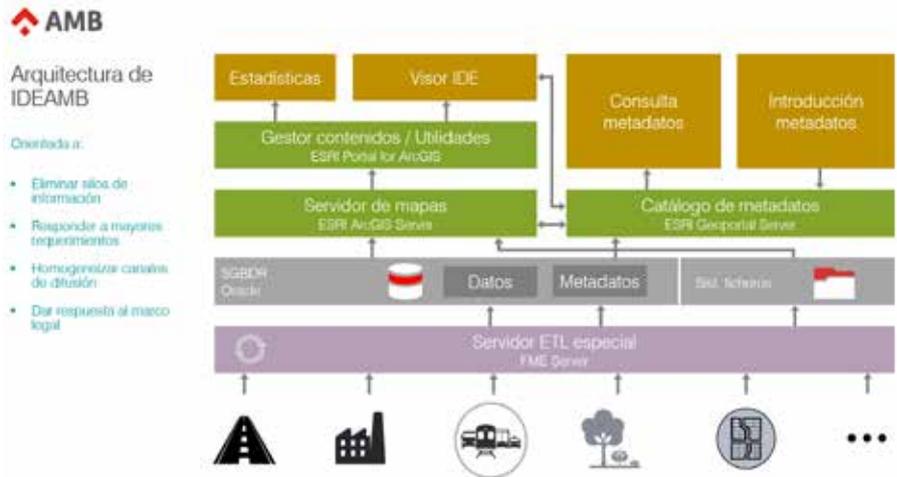


Figura 3. Arquitectura tecnológica de IDEAMB.

abordó una segunda fase, la de diseño, desarrollo e implantación de la plataforma tecnológica que materializaría la IDE, que culminó en junio de 2019 con su entrada en producción.

IDEAMB permite dar respuesta a la trasposición de los principios INSPIRE a la estructura orgánica de AMB:

1. Los datos son administrados por el departamento que más eficazmente puede proceder a su mantenimiento.
2. Se facilita la combinación de información geográfica de diferentes orígenes de forma continua en el espacio y se facilita su utilización por parte de diferentes usuarios y aplicaciones.
3. La información recopilada a una resolución/escala se puede extender a otras resoluciones/escalas para favorecer su uso en cualquier tipo de investigación.
4. La información geográfica necesaria para la buena gobernanza se pone a disposición de los usuarios que puedan necesitarla de forma sencilla.

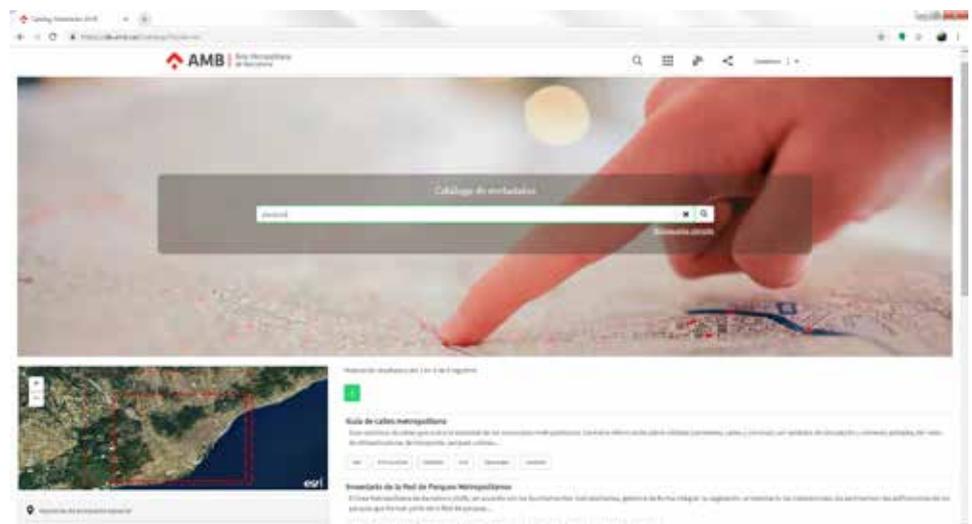


Figura 4. Interfaz de usuario de consulta del catálogo de metadatos.

5. La información puede localizarse con facilidad y se especifican las condiciones de adquisición y de uso, ofreciendo también información suficiente para que el usuario pueda determinar si se ajusta al uso que quiere realizar.

Figura 3. Arquitectura tecnológica de IDEAMB.

Por otro lado, desde un punto de vista arquitectónico, IDEAMB se articula mediante el siguiente conjunto de componentes (figura 3):

1. Catálogo de metadatos (figura 4): responsable de custodiar el inventario de conjuntos de información geográfica disponibles en la organización, permitiendo la consulta de aquellos que cumplen con los filtros especificados en la búsqueda y mostrando para cada uno de ellos sus características y las formas de acceso. Asimismo, incluye herramientas para la creación y la actualización de los metadatos, así como para la automatización de los flujos de información con otros nodos IDE mediante el protocolo *Catalog Service for the Web* (CSW) publicado por el *Open Geospatial Consortium* (OGC) (OGC, s.f.).
2. Servidor de mapas: permite acceder a los conjuntos de información geográfica a través de un abanico de servicios Web con los que se puede interactuar mediante protocolos estandarizados definidos por el OGC:
 - *Web Map Service* (WMS)
 - *Web Map Tile Service* (WMTS)
 - *Web Map Feature Service* (WFS)
 - *Web Coverage Service* (WCS)

Aparte de los anteriores, también se da cobertura a las especificaciones promulgadas por la directiva INSPIRE en materia de servicios de visualización y descarga.

3. Visor de mapas (figura 5): encargado de permitir la visualización y consulta de la información custodiada en los diferentes conjuntos de mapas, así como su descarga bajo demanda en aquellos conjuntos en los que esté permitida.

Con respecto a esta pieza, es importante reseñar que AMB ya contaba con dos geoportales, el de cartografía (AMB, s.f.) y el del refundido del planeamiento urbanístico (AMB, s.f.), que han sido y siguen siendo una referencia en materia de difusión de información geográfica de calidad. En este sentido, se decidió que IDEAMB integrara desde un punto de vista operativo dichos geoportales, lo cual implica que los usuarios de IDEAMB, en función del conjunto de datos que quieran visualizar y/o descargar, sean conducidos desde el catálogo al visor propio de la IDE o a uno de los geoportales.

4. Servidor ETL⁽¹⁾ espacial: responsable de la extracción de información de los distintos repositorios de datos, aplicación de los procesos de transformación necesarios y carga del resultado en los repositorios de datos correspondientes. Estos flujos de datos se pueden parametrizar y alojar en el servidor para su ejecución de forma periódica o bajo demanda.
5. Repositorios de datos: proporcionan el servicio de acceso a los datos geográficos, aislando a los otros componentes arquitectónicos de los detalles particulares de ubicación física, control de acceso o política de copias de seguridad. En IDEAMB se diferencia entre repositorios basados en servidores gestores de bases de datos relacionales (SGBDR) y repositorios basados en servidores de ficheros.

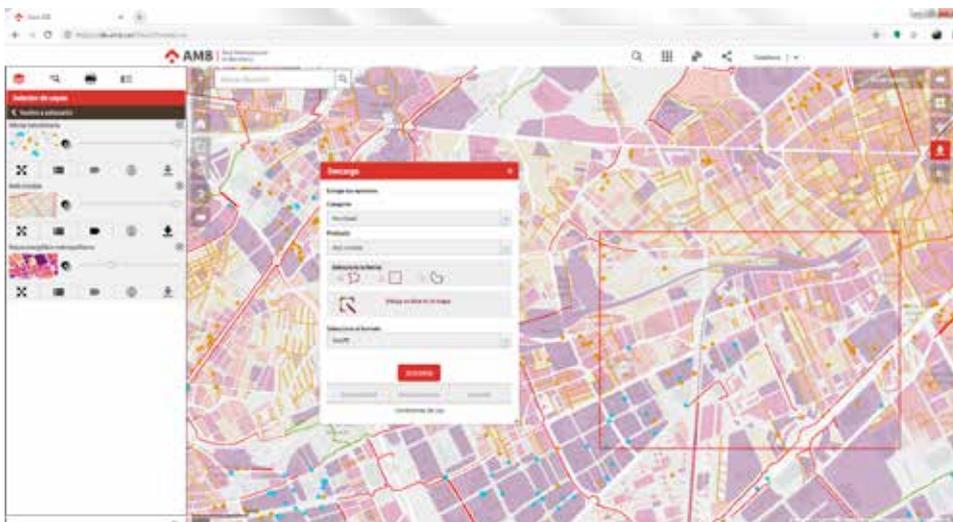


Figura 5. Interfaz de usuario del visor.

Toda esta arquitectura está concebida bajo la premisa de simplificar al máximo todos los procesos de gestión de la información, desde la captación de los metadatos para la catalogación de los activos hasta la difusión de los mismos. En este sentido, como muestra del esfuerzo realizado en la implementación de IDEAMB, es interesante

⁽¹⁾ETL es el acrónimo anglosajón de extracción, transformación y carga (extract, transform and load).

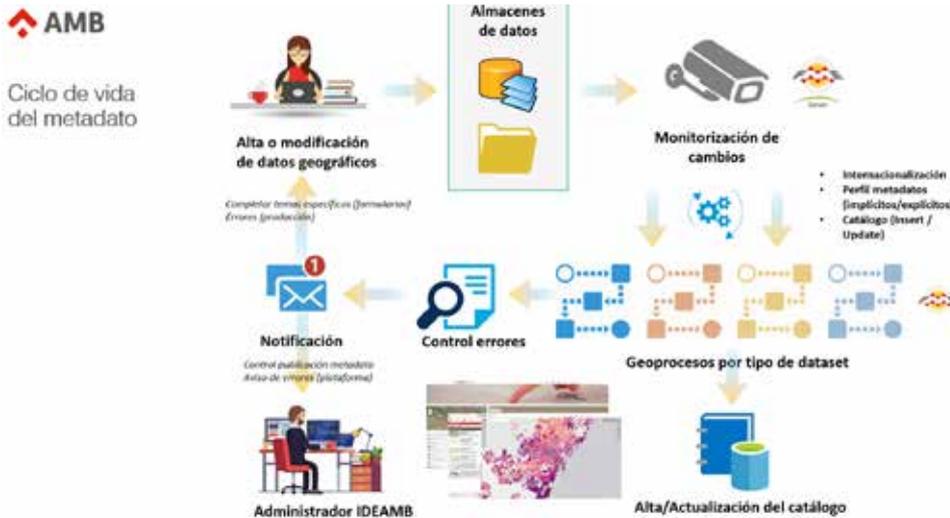


Figura 6. Flujo de actualización del catálogo.

analizar el circuito definido para lograr automatizar al máximo los procesos de catalogación (figura 6).

Figura 6. Flujo de actualización del catálogo.

Los productores de información utilizan un conjunto de repositorios que son monitorizados mediante el servidor ETL. Cuando se detectan cambios (altas, bajas o modificaciones), se disparan un conjunto de procesos que permiten realizar una extracción automatizada de gran parte de los metadatos definidos en el perfil de IDEAMB. Aquellos metadatos que no han podido ser extraídos de forma automática, así como los errores que se hayan podido detectar, son notificados al administrador y al usuario responsable de la publicación.

4. CONCLUSIONES

Es indiscutible el papel principal que juega la componente espacial en cualquier ámbito de aplicación de las denominadas plataformas *smart city*. La gestión inteligente o eficaz del territorio implica la integración de múltiples fuentes de datos de características muy diversas que, sin embargo, tienen un aspecto en común: su circunscripción a un ámbito espacial concreto. Es en este punto en el que cabe reseñar el importante papel que juegan los SIG dentro de cualquiera de estas plataformas, puesto que esta tecnología tiene su núcleo competencial en la gestión y el análisis de información espacial, actuando las IDE como motores de la organización y difusión de dicha información dentro y fuera de las organizaciones.

El presente artículo ha realizado una aproximación al proyecto más reseñable de transformación digital que ha iniciado AMB y que es la plataforma Smar-

tAMB, enlazándolo con el SIG corporativo y el proyecto de implantación de la IDE del AMB (IDEAMB).

REFERENCIAS

- AMB. (2019). Obtenido de <http://ide.amb.cat>
- AMB. (s.f.). *Geoportal de Cartografía*. Obtenido de <http://geoportalcartografia.amb.cat>
- AMB. (s.f.). *Geoportal de Planeamiento Urbanístico*. Obtenido de <http://geoportalplaneament.amb.cat>
- IGN. (s.f.). *Infraestructura de Datos Espaciales de España*. Obtenido de <https://www.idee.es/espanol-lisige>
- OGC. (s.f.). *Open Geospatial Consortium*. Obtenido de <https://www.opengeospatial.org/>
- Sentilo. (s.f.). *Sentilo*. Obtenido de <http://www.sentilo.io/wordpress/>
- UE. (s.f.). *Infraestructure for Spatial Information in Europe*. Obtenido de <https://inspire.ec.europa.eu/>

Sobre el autor

Juan Carlos González González

IMáster Universitario en Investigación en Ingeniería del Software y Sistemas Informáticos, Ingeniero en Informática e Ingeniero Técnico en Topografía. Su carrera profesional está estrechamente vinculada al estudio de los SIG bajo un enfoque holístico, profundizando también en todas aquellas disciplinas tecnológicas vinculadas con los mismos. En la actualidad ejerce la responsabilidad de la dirección de proyectos SIG del Área Metropolitana de Barcelona, enmarcada en el Servicio de Tecnologías de la Información y la Comunicación, labor que complementa con la docencia en el Grado de Geomática y Geoinformación de la Universidad Politécnica de Cataluña. Entre los proyectos que ha gestionado cabe reseñar IDEAMB, el cual fue galardonado con el premio "Special achievement in GIS" en la pasada edición de la Conferencia de Usuarios de ESRI en San Diego, California.

Contexto de la movilidad en Bogotá - Colombia

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 201, 28-33
julio-agosto 2020
ISSN: 1131-9100

Context of mobility in Bogota – Colombia

Wilson Vargas-Vargas, Carmen Femenia-Ribera, Gaspar Mora-Femenia

Resumen

Bogotá la capital de Colombia, es una de las ciudades más pobladas del país con cerca de 7,5 millones de habitantes (DANE, 2018) con una extensión de 164 Ha, de las cuales el 75% son de suelo rural, dividida administrativamente en 20 localidades (Alcaldía de Bogotá, 2004) con aproximadamente 15.400 Km por carril para el 2013 que según estadísticas del Instituto de Desarrollo Urbano IDU el 50% se encuentra en mal estado, fue la primera ciudad colombiana en contar con un sistema de autobús de tránsito rápido, y en este momento cuenta con un Sistema Integrado de Transporte SIPT que reúne a todos los medios de transporte de pasajeros. De acuerdo con el informe del programa Bogotá como vamos (2018), se han registrado cerca de 11.700 víctimas fatales en accidentes de tránsito desde el año 2000, y desde 2005 hasta el 2017 es posible ver una estabilidad en la cifra de muertes anuales por siniestros viales, la cual se ubica en un promedio de entre 500 y 570 víctimas fatales por año, en 2018 este indicador descendió a 514 muertes, una de las cifras anuales más bajas del siglo. Por esto es necesario que todos los profesionales enfoquemos las investigaciones en mejorar la movilidad de la ciudad y con ella reducir las víctimas fatales.

Abstract

Bogota, the capital of Colombia, is one of the most populous cities in the country with about 7,5 million inhabitants (DANE, 2018) with an extension of 164 ha, of which 75% are of rural land, administratively divided into 20 localities (Municipality of Bogotá, 2004) with approximately 1.400 km per lane for 2013 that according to statistics from the IDU Urban Development Institute 50% is in poor condition, was the first Colombian city to have a transit bus system fast (in English: Fast Transit Bus, BRT), and at this time it has an Integrated SIPT Transportation System that brings together all means of passenger transport. According to the report of the Bogotá program as we are going (2018), about 11,700 fatalities have been registered in traffic accidents since 2000, and from 2005 to 2017 it is possible to see a stability in the number of annual deaths due to accidents roads, which is located in an average of between 500 and 570 fatalities per year, in 2018 this indicator dropped to 514 deaths, one of the lowest annual figures of the century. This is why it is necessary for all professionals to focus research on improving the mobility of the city and with it reducing fatalities.

Palabras clave: Bogotá, Movilidad, Accidentalidad vial, Víctimas .

Keywords: Bogotá, Mobility, Accidentality, Victims

*Docente Planta Universidad Distrital Francisco José de Caldas,
Docente de Catedra Universidad Nacional de Colombia.
Estudiante Doctorado Universitat Politècnica de València, España
wvargas@udistrital.edu.co
Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia
y Fotogrametría. Universitat Politècnica de València, España
cfemenia@cgf.upv.es
joamona@cgf.upv.es*

*Recepción 10/12/2019
Aprobación 20/12/2019*

1. BOGOTÁ – COLOMBIA

Según el plan de ordenamiento territorial POT, Bogotá tiene una extensión de 163.635 hectáreas de territorio de los cuales 37.972 hectáreas son de suelo urbano (23,2 por ciento), 122.687 hectáreas son de suelo rural (75 por ciento) y 2.974 hectáreas corresponden a suelo de expansión (1,8 por ciento). Limita por el norte con el municipio de Chía; por el oriente con los municipios de La Calera, Choachí, Ubaque, Chipaque, Une y Gutiérrez y los municipios Guamal y Cubarral (Meta); por el sur con el municipio Uribe (Meta) y el municipio Colombia (Huila); y por el occidente con los municipios de Cota, Funza, Mosquera, Soacha, Pasca, Arbeláez, San Bernardo y Cabrera (Cundinamarca) (Alcaldía de Bogotá, 2004). Según el censo de población realizado por el Departamento Nacional de estadística DANE en el 2018, en Bogotá hay 7412566 de habitantes de los cuales 7387400 están en la cabecera y 25166 bien en el suelo rural (DANE, 2018).

Bogotá está subdividida en 20 localidades: Usaquén, Chapinero, Santa Fe, San Cristóbal, Usme, Tunjuelito, Bosa, Kennedy, Fontibón, Engativá, Suba, Barrios Unidos, Teusaquillo, Los Mártires, Antonio Nariño, Puente Aranda, La Candelaria, Rafael Uribe Uribe, Ciudad Bolívar y Sumapaz.

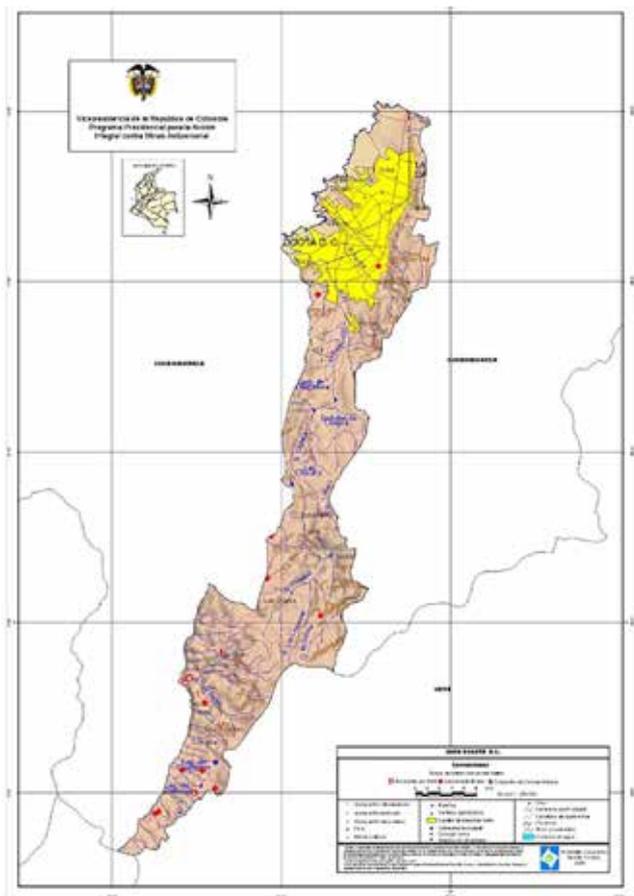


Figura 1: Localización de Bogotá. Fuente: <http://somoscundinamarca.weebly.com/bogotaacute-dc.html>

2. INFRAESTRUCTURA VIAL

Según el Instituto de desarrollo Urbano (IDU) a corte de diciembre de 2017 la Malla Vial Urbana de Bogotá D.C. está compuesta por la Malla Arterial, Intermedia y Local, esta Malla alcanzó aproximadamente 139874 Kilómetros carril, discriminados de la siguiente manera:

La Malla Vial Arterial a 2013, alcanzaba aproximadamente 3.753,08 Kilómetros carril, de los cuales 2.714,54 Km-Carril correspondían al Subsistema Vial y 1.038,54 Km-Carril al Subsistema de Transporte (Troncales Transmilenio); la Malla Vial intermedia alcanzó 3.150,37 Kilómetros carril, de los cuales 1.711,85 Km - Carril (54.34%) registraron un buen estado. Malla Vial local en Bogotá se comporta de forma distinta en comparación con la Malla Vial arterial e intermedia, registrando en la mayoría de las localidades un mal estado de Km - Carril superior al 50%. Se encontraron porcentajes considerables del mal estado de la Malla Vial local en localidades como Barrios Unidos (76.59%), San Cristóbal (71.58%) y por último Usme (70.82%) (IDU,2013).

El sistema de transporte de pasajeros es TransMilenio, es un sistema de transporte de tipo BRT (en inglés: Bus rapid transit, BRT), que hace parte del sistema de transporte masivo de Bogotá y Soacha, cuya entidad gestora es la Empresa de Transporte del Tercer Milenio S. A., actualmente el sistema cuenta con 138 estaciones y 9 portales. Es un sistema cuya infraestructura (vías y estaciones), actualmente cuenta con 138 estaciones y 9 portales, ver figura 4, se desarrolla con recursos públicos, y la administración, planificación y organización del sistema la hace una empresa pública, TransMilenio S.A. Los vehículos son propiedad privada, el recaudo lo hace igualmente una empresa privada: Recaudo Bogotá para la todas las fases de TransMilenio y el SITP, el Distrito de Bogotá recibe parte de las utilidades, con las que debe mantener la infraestructura del sistema (Transmilenio, 2019).

En el Plan Maestro de Movilidad, estableció la estructura-

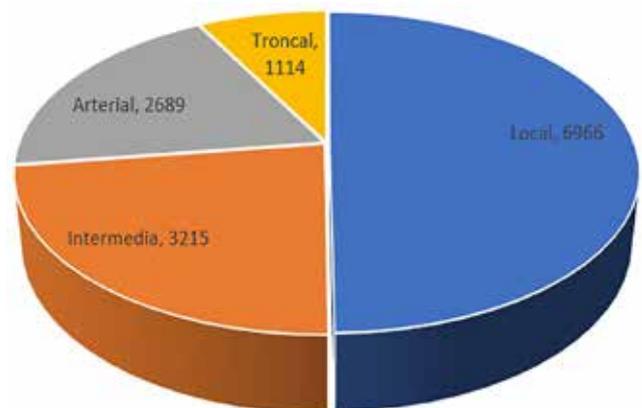


Figura 2: IDU- Estadísticas de la malla vial urbana. OIS-SDM

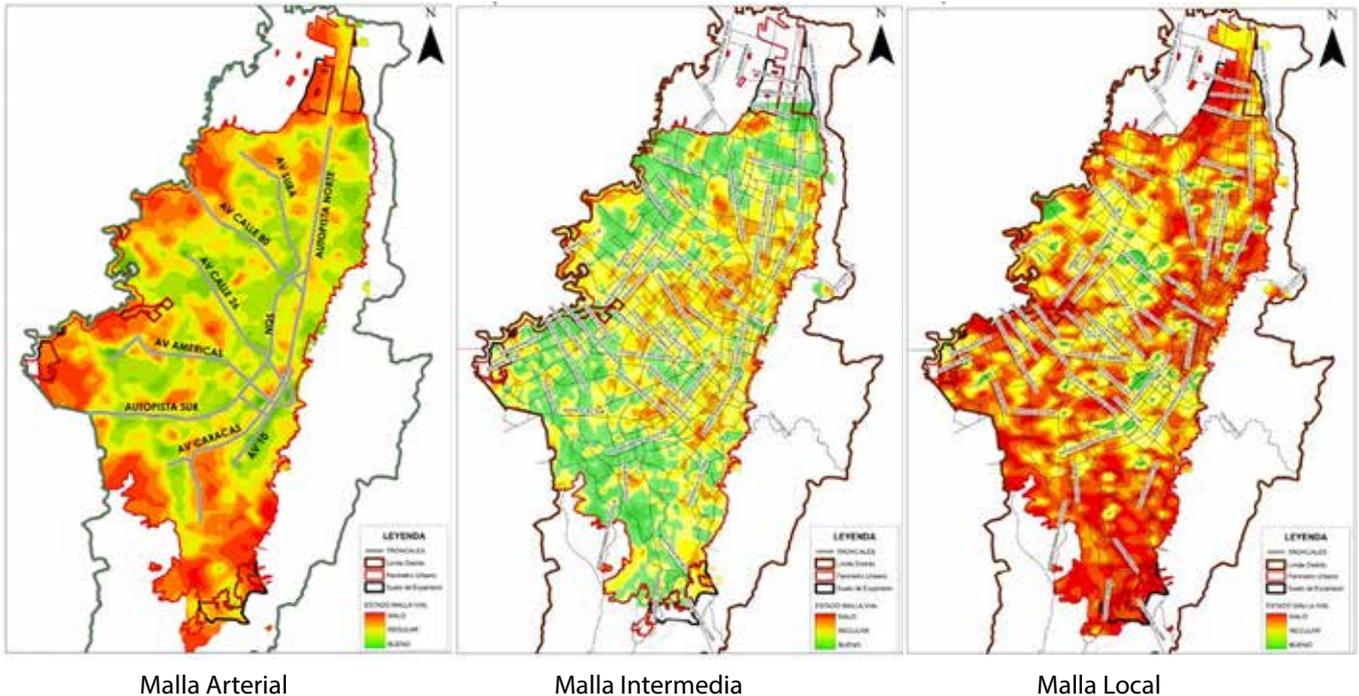


Figura 3: Estado Malla Vial 2013, Fuente: Base de Datos del Inventario y Diagnóstico de la Malla Vial - IDU - diciembre de 2013

ción del nuevo Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá (SITP), como instrumento que garantizará mejor calidad de vida de los ciudadanos, el SITP cuenta con 6 servicios que cumplen una función específica, y cada uno se identifica con el color de los buses, el sistema troncal de color rojo, el sistema alimentador de color verde, el sistema urbano de color azul, el servicio complementario de color anaranjado y el servicio especial de color vinotinto (Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá, 2006).

En las siguientes gráficas se presenta el estado de cada una de las mallas viales, al año 2013:



Figura 4: Infraestructura de Transporte, Fuente: https://www.transmilenio.gov.co/plano_de_estaciones_y_portales_de_transmilenio

3. MOVILIDAD

Según la secretaria de movilidad de Bogotá para el 2016, el total del parque automotor registrado en Bogotá fue de 2.236.363 vehículos. De acuerdo con el tipo de servicio, la mayoría es de servicio particular con un 94,06% del total.

En la siguiente grafica se muestra el crecimiento anual de cada tipo de vehículo.

Entre 2007 y 2017 el parque automotor registrado en la ciudad aumentó un 118%, al pasar de 1.062.698

AÑO	TOTAL ANUAL			TOTAL
	OFICIAL	PÚBLICO	PARTICULAR	
2002	3.555	84.805	590.939	679.299
2003	6.440	89.210	590.379	686.029
2004	10.121	91.079	666.528	767.728
2005	10.515	96.040	732.092	838.647
2006	10.939	96.805	835.806	943.550
2007	11.779	98.784	952.135	1.062.698
2008	12.076	99.219	1.057.390	1.168.685
2009	10.412	100.814	1.143.631	1.254.857
2010	13.103	102.408	1.277.419	1.392.930
2011	13.351	104.298	1.455.062	1.572.711
2012	13.498	105.630	1.618.834	1.737.962
2013	14.714	109.279	1.770.681	1.894.674
2014	16.385	113.843	1.912.662	2.042.890
2015	16.906	113.856	2.017.799	2.148.561
2016	17.654	114.984	2.103.725	2.236.363

Figura 5: Parque automotor el Bogotá. Fuente: Movilidad en Cifras 2016- Secretaría de Movilidad

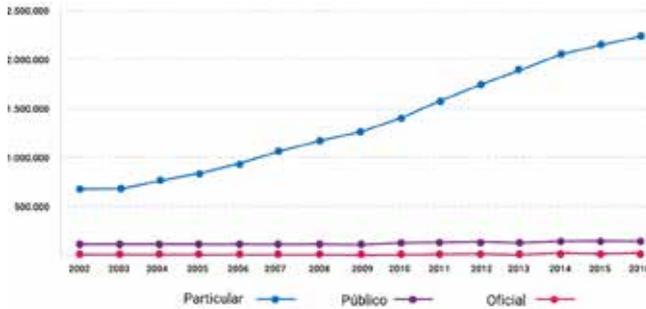


Figura 6: Crecimiento del parque automotor

Fuente: Movilidad en Cifras 2016- Secretaría de Movilidad

vehículos registrados en 2007 a 2.315.250 vehículos en 2017. Este crecimiento estuvo principalmente impulsado por un aumento en 563.875 automóviles y de 353.008 motocicletas, ambos de servicio particular. Resulta relevante destacar el crecimiento exponencial de las motocicletas privadas, que en ese periodo aumentó 316%, frente al 104% de crecimiento de los automóviles, camionetas y camperos.

De otra parte, es importante anotar que en 2018 el promedio de pasajeros movilizados cada día en el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) estuvo alrededor de 1'559.000, cifra que se ha reducido un 9% en los últimos dos años. Entre 2016 y 2018 los pasajeros movilizados en promedio por día, en hora pico, se redujeron un 8,5%, pasando de 169.025 en 2016 a 154.706 en 2018. TransMilenio cambió radicalmente el sistema de movilidad en Bogotá y demostró que el sistema de transporte masivo si era posible en la capital del país. Actualmente moviliza cerca de 2'400.000 usuarios por día (2'393.913 entradas en promedio por día en 2018) (citar la fuente de la información).

La Encuesta de Percepción Ciudadana –EPC- realizada por Bogotá Cómo Vamos en el 2018 muestra que el 35% de los bogotanos usan el TransMilenio como su principal medio de transporte, el 16% SITP y el 7% el Transporte Público Colectivo (TPC); igualmente se-

ñala que el nivel de satisfacción frente a los medios de transporte público es menor con el servicio troncal (13%), seguido por el zonal SITP (25%), mientras que el mejor calificado es el provisional, con un 38% de satisfacción. Así mismo, el porcentaje de ciudadanos satisfechos con el SITP como su principal medio de transporte ha tenido un decrecimiento, pasando del 32% en 2017 al 25% en 2018. Con base en información de TransMilenio S.A., a diciembre de 2018 se encontraban en operación 275 rutas del SITP de las 399 que se preveían al inicio del proyecto, asimismo, en dicho año, fueron retiradas 13 rutas del componente zonal y se implementaron 12 rutas adicionales (Bogotá Como Vamos, 2018).

4. ACCIDENTALIDAD

Según la secretaria de Movilidad en su Anuario de Siniestralidad Vial 2018 plantea que Bogotá ha presentado una importante disminución en el índice de mortalidad por siniestros viales durante los últimos 18 años, pasando de una tasa de 16,1 fatalidades por 100 mil habitantes en el año 2000 a 6,3 en 2018. La disminución de esta medida equivale a un descenso de casi 10 fatalidades en siniestros viales por cada 100 mil habitantes, entre los años 2000 y 2018. Los siniestros de tránsito en Bogotá han dejado cerca de 11.700 víctimas fatales desde el año 2000. Sin embargo, vale la pena destacar que entre los años 2000 y 2003, las víctimas fatales se redujeron prácticamente a la mitad. Desde 2005 hasta el año pasado es posible ver una estabilidad en la cifra de muertes anuales por siniestros viales, la cual se ubica en un promedio de entre 500 y 570 víctimas fatales por año. En 2018, este indicador descendió a 514 muertes, una de las cifras anuales más bajas del siglo (Secretaría de Movilidad de Bogotá, 2018 a).

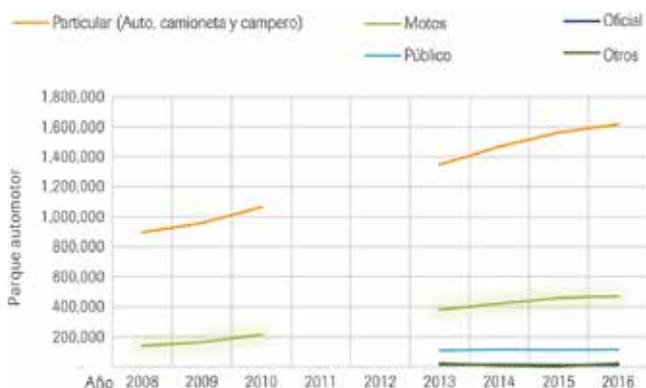


Figura 7: Comportamiento histórico del parque automotor registrado en Bogotá D.C. Fuente: Observatorio de movilidad 2017- Secretaría de Movilidad

Tabla 1: Víctimas Fatales en Bogotá. Fuente: SIGAT II 2018

Actor vial	No víctimas	%
Peatones	245	47.7%
Motocicletas	150	29.2%
Ciclistas	64	12.5%
Pasajeros	47	9.1%
Conductores	8	1.6%
Total	514	

De otro lado, Bogotá cuenta con una tasa de motorización de 292 vehículos registrados por cada mil habitantes. La tasa de motorización de Bogotá es levemente superior a la tasa de motorización nacional, sin embargo, es de resaltar que la tasa de mortalidad es la mitad de la tasa nacional. Para el 2018, según la Secretaría Distrital de Movilidad se presentaron 514 víctimas fatales en Bogotá, distribuidas según la siguiente tabla.

El 48% de las víctimas fueron peatones, el 53% de las muertes involucraron motociclistas, el 45% de los ciclistas fallecidos perdieron la vida con vehículos pesados, la cual es la más baja en los últimos 18 años. En los últimos tres años, el 39% del total de siniestros graves se concentraron al suroccidente de la ciudad, en las localidades de Kennedy, Engativá, Suba y Bosa, sin embargo, la peor tasa relativa a población, con indicadores mayores a 400 siniestros graves por 100 mil habitantes, se registró en las localidades de los Mártires, Santa Fe, Teusaquillo, Puente Aranda y Chapinero, las cuales pertenecen a la zona centro de la ciudad (Secretaría de Movilidad de Bogotá, 2018 b).

5. ANALISIS

La congestión vehicular en Bogotá es cada día mayor, la problemática se presenta a cualquier hora y en cualquier lugar de la ciudad, pues prácticamente todas las vías permanecen congestionadas, y fin de semana se incrementa debido a que no hay restricción para los vehículos particulares.

Según varios autores (Llano, D. H. 2014, Jolonch,



Figura 8: Evolución de muertes por siniestros viales en Bogotá

Fuente: SIGAT (2007 a 2018), INMLCF (2000 a 2006).

J 2013) las causas de los problemas de movilidad se pueden enumerar en los siguientes ítems:

- Permanente crecimiento del parque automotor que circula en Bogotá.
- Un déficit de la infraestructura vial. En los últimos años solo se han desarrollado los corredores para el sistema Transmilenio.
- Un pésimo estado de la malla vial.
- Una falta de planeación vial de la ciudad.
- Inoperancia de la policía de tránsito, ya que se han convertido más en un comando control y se dedican a cazar infractores y no ayudar a la movilidad.
- Sistema semafórico no coordinado.
- Sobreoferta de servicio de transporte público, como taxis y buses zonales, que se convirtieron en las mismas rutas del transporte colectivo.
- Facilidades de la economía para la adquisición de vehículos, que ha hecho que el parque automotor de motos se aumente en el 300%.
- El mismo Pico y placa (medida de restricción vehicular implementada en las ciudades, dependiendo del número de la placa del vehículo), ya que lo que género es que las personas tengan dos vehículos con placas diferentes.
- El vehículo es considerado como un símbolo de estatus, con lo que genera que todos quieran tener uno.
- Mala operación del sistema de transporte público que hace que los usuarios prefieran ir en vehículo particular.
- Un aumento de bici usuarios de la vía, los cuales no circulan por los carriles diseñados, si no se mezclan con los vehículos.
- Una mala cultura vial por todos los usuarios.
- Los bogotanos no les gusta caminar, por ello se busca la manera de hacer los viajes por un medio de transporte, por eso se han incrementado el uso de patinetas y monopatines para hacer viajes cortos que se pueden hacer a pie.

6. CONCLUSIONES

Conocer los patrones de movilidad en Bogotá es esencial para la planificación de la misma. Su información geográfica es la pieza fundamental en los centros de gestión y se puede obtener de muchas formas, generar sus propios datos o directamente utilizar información recolectada por otras personas o recursos tecnológicos.

Es necesario inventariar la infraestructura del servicio de movilidad, por lo cual es necesario realizar sistemas de información geográfica con base en los datos abiertos que se tienen disponibles y actualizar dicha información.

De igual manera para una mejor planeación se recomienda hacer encuestas a los usuarios, para conocer los objetivos y prioridades de movilidad que en este momento tienen los usuarios, ya que como un ejemplo con las condiciones que ha generado el COVID-19 han cambiado los patrones y necesidades en cada uno de los viajes en Bogotá.

REFERENCIAS

- Anuario de Siniestralidad Vial 2018, Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Movilidad.
- De Bogotá, C. D. C. (2017). Observatorio de Movilidad-Balance de Movilidad 2007-2016 Reporte Anual de Movilidad 2016.
- De Bogotá, C. D. C. (2004). Decreto 190 de 2004.
- Diagnóstico sectorial sector movilidad 2016 - 2019, Secretaría de movilidad, 2019. Disponible en <https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/151516/informes-de-empalme-gestion-cuatrenio-2016-2019/>
- Jolonch Palau, Javier. Análisis del transporte masivo y la movilidad en Bogotá. Revista Universidad y Empresa, [S.l.], v. 15, n. 24, p. 15-23, abr. 2013. ISSN 2145-4558.
- Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) (2013). Estado de la Malla Vial a 31 diciembre de 2013. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Llano, D. H. (2014). *Análisis de las Políticas de Movilidad de Bogotá D.C. durante el Periodo 1998-2014*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/12211>.
- Movilidad, S. D. (2017). Movilidad en cifras 2016. Movilidad en cifras 2016.
- Plan maestro de movilidad, Decreto 319 de 2006
- Plano de estaciones y portales de TransMilenio, https://www.transmilenio.gov.co/plano_de_estaciones_y_portales_de_transmilenio, recuperado el 26 de diciembre de 2019.
- Plan Maestro de Movilidad para Bogotá Distrito Capital, que incluye el ordenamiento de estacionamientos, y se dictan otras disposiciones. Decreto 543 de 2006
- Vargas, W. E., Mozo, E., & Herrera, E. (2012). Análisis de los puntos más críticos de accidentes de tránsito en Bogotá. Revista de Topografía Azimut, 4.

Sobre los autores

Wilson Vargas Vargas

Tecnólogo en Topografía, Ingeniero Topográfico, Especialista en Gerencia de Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Magíster en Ingeniería con énfasis en Transporte en la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Experto Universitario en Dirección de Instituciones de Educación Superior de la Universidad de Sevilla. Auditor/Inspector de Seguridad Vial del Instituto Vial Ibero-Americano e Instituto Mexicano del Transporte. Master en Diseño, Construcción y Mantenimiento de Carreteras de la UDIME. Docente Titular de Planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y Docente de Catedra Asociado de la Universidad Nacional de Colombia. Estudiante de Doctorado en la Universitat Politècnica de València (España) en el programa de Doctorado en Ingeniería Geomática.

Carmen Femenia-Ribera

Desde el año 1998, Profesora Titular de Catastro en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica en la Universitat Politècnica de València (España). Ingeniero Técnico en Topografía y Doctor Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Responsable de labores de docencia e investigación en temáticas de Catastro, Registro de la Propiedad, sistemas de administración del territorio, coordinación cartográfica, legislación territorial, deslindes, servidumbres, ... Participación en jornadas y congresos, publicación de libros y diversos artículos en revistas tanto técnicas como jurídicas relacionadas con Catastro, Registro y delimitación de la propiedad. Miembro activo de las distintas comisiones nacionales del Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica, COIGT (España) relacionadas con temáticas catastrales y de propiedad. Representante del COIGT en la comisión 7 de la FIG. Administradora del blog «¿Cuánto mide mi parcela?. Sobre Catastro, Cartografía y Delimitación de la Propiedad» [<http://planosypropiedad.com>].

Gaspar Mora-Navarro

Ingeniero Técnico en Topografía y Doctor en Ingeniería en Geodesia y Cartografía. Profesor colaborador en la Universitat Politècnica de València (España) desde el año 2001, especialista docente e investigador en temas relacionados con información geográfica, bases de datos geoespaciales, desarrollo web y geoportales, sistemas de información geográfica, diseño asistido por ordenador y programación.

Geoportal for electoral geomarketing to detect microzones with potential voters in an urban area

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 201, 34-43
julio-agosto 2020
ISSN: 1131-9100

Geoportal de geomarketing electoral para la detección de microzonas con potenciales votantes en área urbana

Gaspar Mora-Navarro, Angel Balaguer-Beser, Carles Marti-Montolio,
Carmen Femenia-Ribera

Abstract

This paper presents a methodology for performing electoral geomarketing to identify potential voters from each political party and to understand their characteristics. Such information can be useful for optimizing the resources of a political party when preparing the election campaign. In this paper, a statistical study is conducted to analyze the relationship between electoral data and several socio-demographic, dependence, migratory, economic, and educational variables. A geoportal, called GeoChess (<https://upvusig.car.upv.es/geochess/>) is used to create all the thematic maps, graphs, and the majority of statistical studies. The geoportal permits visualization of the thematic maps and graphs shown in this work.

Resumen

En este trabajo se presenta una metodología para realizar geomarketing electoral que permita identificar a los potenciales votantes de cada partido político y conocer sus características. Esta información puede resultar útil para optimizar los recursos de un partido político al preparar la campaña electoral. Se realiza un estudio estadístico para analizar la relación entre los datos electorales y diversas variables sociodemográficas, de dependencia, migratorias, económicas y educativas. Se utiliza un geoportal, llamado GeoChess (<https://upvusig.car.upv.es/geochess/>) para crear todos los mapas temáticos, gráficos y la mayoría de estudios estadísticos. El geoportal permite visualizar los mapas y gráficos temáticos que se muestran en este estudio.

Keywords: Geomarketing; geospatial database; geoportal; potential voters; socio-demographic variables; multivariate analysis

Palabras clave: Geomarketing; base de datos geoespacial; geoportal; votantes potenciales; variables sociodemográficas; analisis multivariable

Department of Cartographic Engineering, Geodesy and Photogrammetry; Universitat Politècnica de València, Spain

joamona@cgf.upv.es

Department of Applied Mathematics, Universitat Politècnica de València, Spain

abalague@mat.upv.es

Master en Ingeniería Geomática y Geoinformación

carlesmartimontolio@gmail.com

Department of Cartographic Engineering, Geodesy and Photogrammetry; Universitat Politècnica de València, Spain

carlesmarticfemenia@cgf.upv.es

*Recepción 10/04/2020
Aprobación 25/04/2020*

1. INTRODUCTION

Marketing has been completely revolutionized since the last quarter of the 20th century. Marketing strategies applied to geolocalized data, known as geomarketing, are used to determine the best marketing strategies according to the exact location of customers, points of sale, and other relevant factors (Banos, Wandosell, & Concepcion Parra, 2016). With current technology as an enabler, society's reliance on more precise spatial data is rapidly increasing (Jurisic, Ravlic, Loncaric, & Pugelnik, 2016). Geomarketing studies are conducted with the help of a geographic information system (GIS), which provides the skill to handle locations and geometries.

Geomarketing normally focuses on expanding businesses and store rationalization; however, utilizing it for the political domain is advantageous (Pavía, Larraz, & Montero, 2008). Thus, rather than using the data of the internal customers of a company, employing the data of voters of a given political party is beneficial for finding its potential voters instead of finding potential customers. This leads to electoral or political geomarketing. Electoral geomarketing can be defined as a set of statistical techniques that allow the data of electoral results to be evaluated, and their relationship with other types of sociological data in a given area is analyzed. Such an analysis achieves better strategic planning for electoral decision making. Electoral geomarketing aids in recognizing critical areas where a given party can obtain the largest number of potential voters. The current paradigm of analyzing the current candidates' information and communication demands require better knowledge acquisition regarding their electoral areas and involves mastering different geographic information technologies applied to observe their voters.

According to the study by Bednar and Gerber, 2011, the direction of voting tends to behave in an identical manner in the same territory on a microscale. Most researchers analyze election results at the first level of administrative divisions. However, data aggregation at the level of administrative districts or cities could give unexpected results (Eskov, 2014). On the microscale, analysts have conventionally maintained that geography is a relevant influence on voting patterns, which is generally known as the district effect. This theory is backed by the argument that by establishing contact with neighbors and friends who live locally, especially with discussions on politics, people tend to consider the local majority point of view. Citizens are inclined to become organized to achieve any objective when they feel united through their confidence or belief in a particular topic. Such confidence is prone to appear in local contexts where

people have had many interactions with other people. It is more difficult to trace these links over long distances, where frequent interactions are not possible. The spatial regression analysis performed by Gimpel et al., 2006, also revealed that contributions to parties and campaigns are strongly affected by the local context.

In this paper, we obtained the votes acquired by each political party in the local elections conducted in 2015 in Valencia (Spain), as well as the different categories of the population residing in the 593 census districts in that city. With this information, we searched for census districts where such a population existed, but where the political party did not obtain the expected votes. Consequently, we considered that there are potential voters in these census districts. This knowledge (to know where the potential voters of a political party are located) can be useful in the plan for the subsequent elections as promotion can be adapted to the population segments with high percentages of homes in the desired voting market rather than trusting in a massive homogeneous promotion. Consequently, the likelihood of the desired segment responding is higher and the party's use of resources is optimized.

To relate the socio-demographic variables in each census district and the direction of voting, in this work, we used multivariate statistical analysis methods that were programmed in a geoportal, which we called GeoChess (<https://upvusig.car.upv.es/geochess/>). This geoportal displays thematic maps, charts, and dispersion diagrams, and calculates the correlation between the votes for the political parties that existed in 2015 and the considered economical and socio-demographic variables. It also performs cluster analysis and selects census areas using the database attributes. The GeoChess analysis tools are limited and many more statistical analyses can be performed with a standard GIS or statistical software. We created GeoChess to help non-GIS users to understand the analyses performed by this work and the manner in which cartography and statistics can help to make decisions because it allows users to easily understand how variables are distributed by studying the zonal thematic maps.

This paper is presented as follows: Section 2 comments the data employed to obtain the results of this paper and the data repository used in the statistical analysis that GeoChess ran; Section 3 describes the methodology used to perform political geomarketing; Section 4 offers a practical case analyzed by GeoChess after selecting a political party and locating the zones where, in statistical terms, more potential voters existed for this party; finally, we discuss the obtained results, and the final conclusions are provided.

2. DATA

The first step in the electoral geomarketing was to identify the delimitations of census districts in Spain, which can be obtained from the Spanish National Statistics Institute (INE, 2015). All the data contemplated in the present research were georeferenced by census districts, i.e., each piece of data was confined to a polygon that corresponds to a census district in the city. In this paper, we will consider the 593 census districts in the city of Valencia (Spain).

We used two data sets in this work, which readers can download from GeoChess Data, <https://doi.org/10.17632/YZ24BNJHPS.3>. The employed data were public and free. The first set contained the absolute values of the variables; i.e., the number of people of each category (older adult population, secondary education, etc.) in each census district. This data set can be used in the thematic maps in GeoChess. However, certain census districts are bigger than others, in terms of area, and for the statistical analysis in this paper, we used the second data set, where the values of people in each variable were provided as a percentage, in relation to the total census district population. The percentage of votes to a political party was calculated using the number of valid votes. The use of relative data can prevent the number of people living in a census district from directly influencing the final grouping; however, it can also mask variance heterogeneities and omit the effective size. The electoral data was obtained from the Spanish Home Office for the year 2015 (Spanish Home Office, 2015).

3. METHODOLOGY

Given the volume of socio-demographic and economic variables, and the number of political parties, the GeoChess. Geoportals are increasingly used to

provide cartography and the tools required for each application to non-GIS users (Ganning, Coffin, McCa-ll, & Carson, 2014; Panchaud, Enescu, & Hurni, 2017; Resch & Zimmer, 2013). The GeoChess geoportal is a customer-server application. The operation of such applications is complex. Figure 1 illustrates a diagram of the GeoChess framework. The customer component is the web browser that shows the data, while the server component consists of a database and a script that acts as an intermediary between the database and the customer. The programming performed by the customer, like all web pages, is written in HTML, CSS, and JavaScript languages. To draw maps and graphs, and to calculate statistics, the website uses JavaScript libraries like OpenLayers, GeoExt, HighCharts, and Stats.

In the server area, the employed database is in PostgreSQL with the PostGIS extension, which adds the skill of handling geometries and performing spatial analyses to PostgreSQL. The script that acts as a bridge for communication between the database and website—the customer—is run in the Node.js environment, which uses JavaScript as the programming language. This script receives requests from the customer, performs SQL queries to the database, and returns the data to the customer who requested them. The data are sent as JavaScript Object Notation (JSON) or GeoJSON, depending on whether alphanumeric or geographic data were required. The website uses OpenLayers to draw maps. This library requests for geographical data from an application known as a map server. The map server we used was GeoServer. GeoServer is an open-source server solution designed for interoperability, data discovery, dissemination of spatial data using open standards (Jankovic, Govedarica, Navratil, & Fogliaroni, 2018). GeoServer publishes thematic maps via the standard web map service, and these maps are properly symbolized depending on the theme variable. The symbolization of thematic maps was performed according to another standard known as Style Layer Definition.

Figure 2 shows the GeoChess geoportal interface, which is divided into three panels that perform different functions. Panel 1 is a classic layer tree on which it is possible to activate or deactivate thematic maps of the census districts, according to different variables. Panel 2 illustrates the maps. Finally, Panel 3 is like an accordion, and allows the different analysis tools implemented in GeoChess to be shown, which are: the details of the data sample from the selected census districts, a study of the correlations between variables individually, a cluster analysis, and a form to select census districts according to the values of the variables.

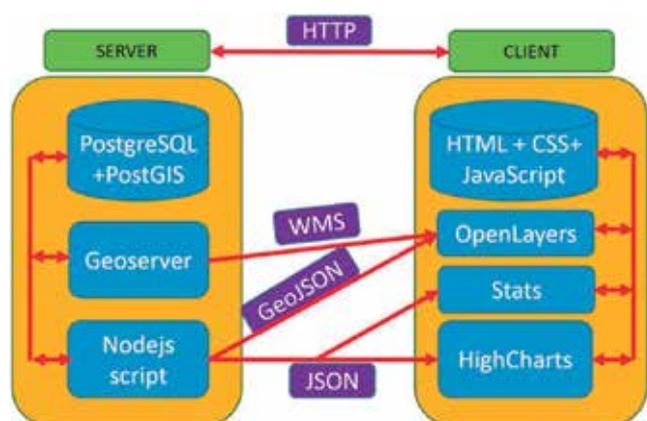


Figure 1: GeoChess architecture

3.1. Exploratory data analysis

The first step to run an analysis was to view all the values that the variables demonstrated graphically, to visually analyze the spatial distribution of each variable. GeoChess offers the possibility of seeing a thematic map of each variable by selecting the variable to be shown in Panel 1 (Figure 2). The thematic maps aid in visual recognition of the patterns of the spatial autocorrelation in geographical data sets and the resulting regionalization of data values (Cromley, 1996). The selection of class intervals is a major problem when preparing a thematic map (Mackay, 1955). The class intervals in the GeoChess maps were chosen using the Jenks natural breaks algorithm, which searched for groups of intervals where the variance in each group was minimal, and the variance between groups was maximum (G.F Jenks, 1977; George F Jenks & Caspall, 1971). This algorithm is a standard method for dividing a data set into a certain number of homogenous classes and is commonly used in geographic information system applications (North, 2009).

There are five classes for all the maps in GeoChess. A few classes transmitted less information in the variable value of the layer, but permitted considerably different color ramp values to be used for each class, which facilitated map reading because the element colors were very different (Bertin, 1967). People generally interpret darker colors as representing a more variable value (Brewer, 2005). The GeoChess color ramps followed this criterion. The classical choropleth maps can cause discrepancies between the actual result and the one perceived on the map. These discrepancies can be measured (Ourednik, 2017).

For a simple initial exploratory analysis, GeoChess has a detailed information tool, that shows a summary and comparison of the values of the variables in all the census areas by numerical results and graphs. As a previous step to the multivariate spatial analysis, GeoChess allows the calculation of correlations among the data. This can be performed using the *Correlation* section in Panel 3 (Figure 2). Here, the simplest relations between the vote and its socio-economic conditioning factors are analyzed, and the main factors that explain the electoral behavior in an urban setting are forecasted. These correlations are illustrated graphically by a scatterplot, and by calculating Pearson's and Spearman's correlation coefficients. Each dot in the scatterplot represents the percentage values of two variables in a census district. Therefore, a scatterplot is a tool to analyze the ecological correlation (Robinson, 2009) in contrast to a correlation between two variables that describe individuals. We were careful in not assuming that this type of correlation also applied to individuals because the correlations in the census districts could differ from those at the individual level. Assuming both are equal is an example of ecological fallacy (Vogt & Johnson, 2011).

3.2. Cluster analysis

The cluster analysis has become a common tool for marketing researchers (Punj & Stewart, 1983). It was used in results of this paper to classify the census areas of the city of Valencia, according to the existence of potential voters of a given political party. Therefore, apart from the votes obtained by the political party in the last elections, other variables were taken into account. The

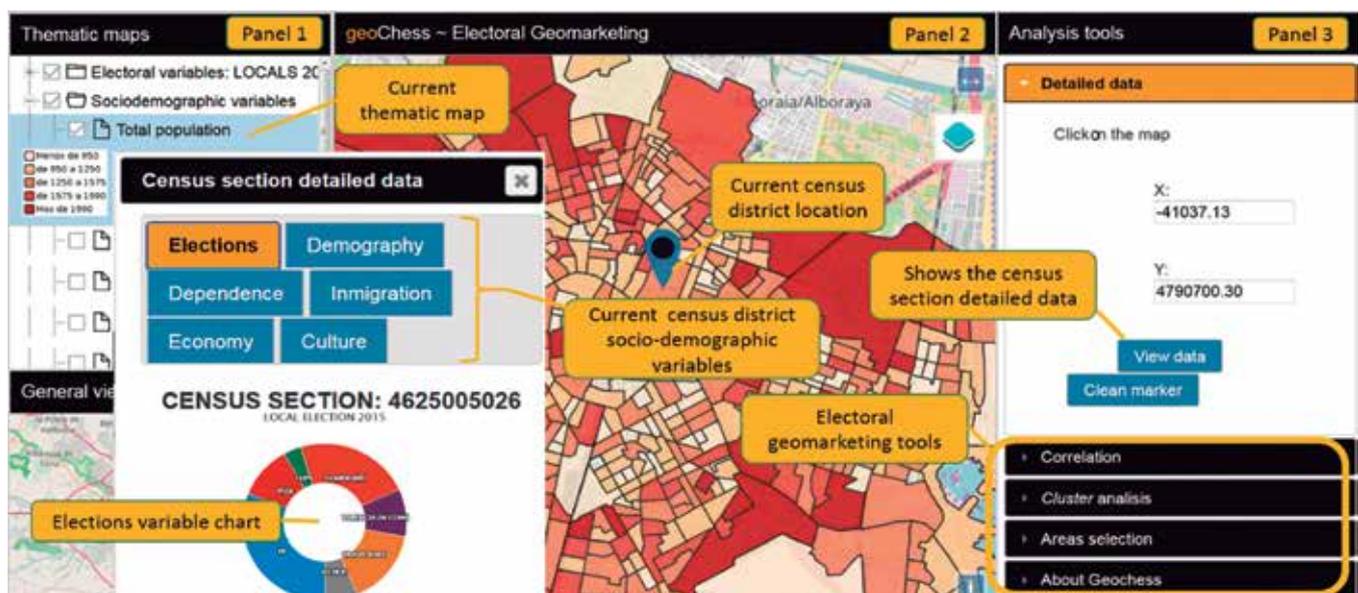


Figure 2: GeoChess interface and tools

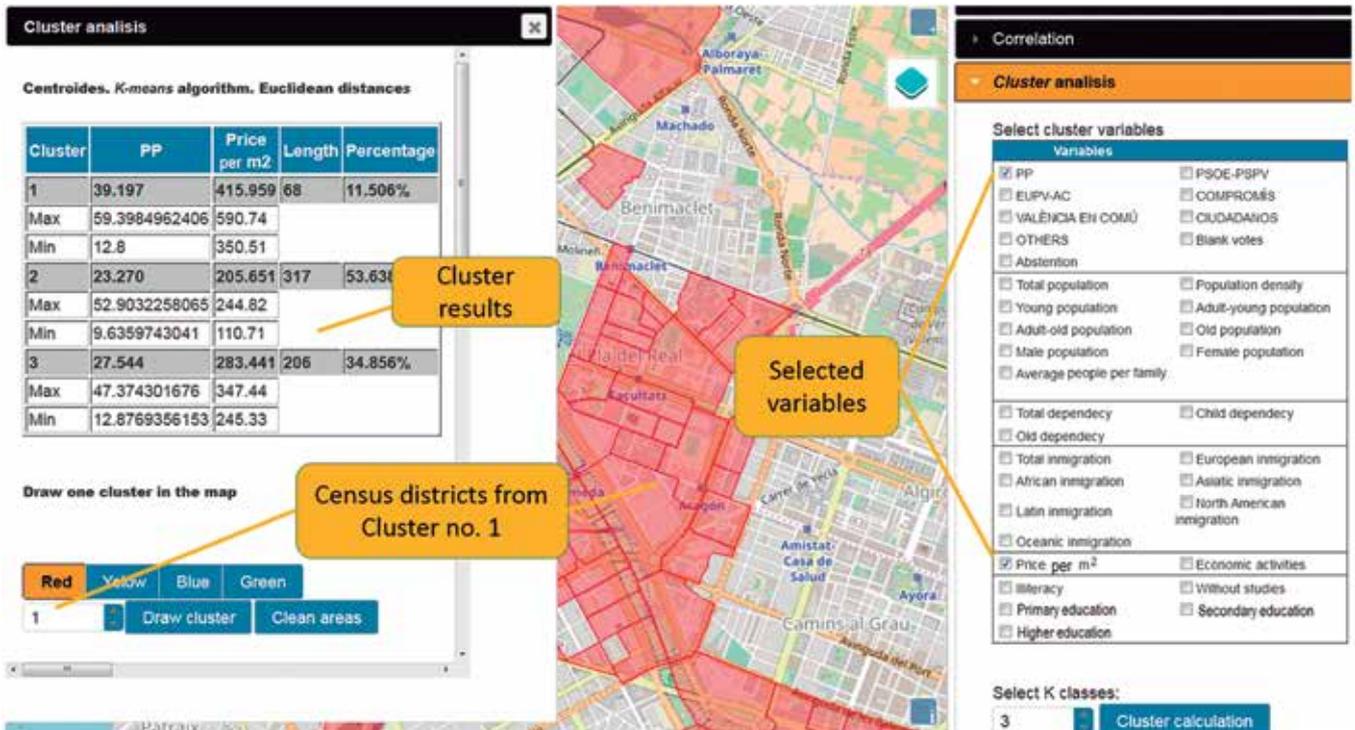


Figure 3: Cluster analysis procedure in GeoChess and representation of the census districts included in Cluster number 1.

K-means method is a standard and straight-forward unsupervised locational clustering approach (Kanungo, Mount, Netanyahu, Piatko, & Silverman, 2002). However, a drawback of this method (Howard & Harris, 1966) is that it starts with an initial solution with a number of groups fixed in advance (Zhou, Xu & Kimmons, 2015). The K-means algorithm was used with the squared Euclidean distance metric in GeoChess. GeoChess also contains a form to select the variables that we wish to include in the cluster analysis and to choose the number of classes (Figure 3).

To analyze the variables selected in the cluster analysis, a box and whiskers chart is useful for each studied cluster and variable. The box and whiskers charts are used to compare the distribution of the data in each category and to analyze the existence of atypical values. It is also useful to have a dispersion diagram that shows the data separation by clusters. GeoChess allows box and whiskers charts of scatterplots to be obtained.

Finally, another useful tool for electoral geomarketing studies is the possibility of selecting census districts according to their inhabitants' socio-demographic characteristics. For instance, if the intention was to emphasize the subject of pensions to obtain votes, then locating the census areas with the maximum older adult citizens would be considerably useful. Consequently, GeoChess permits such selections. Figure 4 shows the census districts with over 30% of older adult population.

4. A PRACTICAL APPLICATION FOR THE CIUDADANOS (CS) POLITICAL PARTY

In this section, the spatial distribution of the votes granted to the *Ciudadanos (Cs)* political party, in the local elections held in May 2015, in the city of Valencia (Spain), was analyzed using GeoChess. However, GeoChess users can select the political party that they want to be analyzed from among those with municipal representation in the cited elections.

4.1. Exploratory analysis of the variables related with votes to the Ciudadanos (Cs) political party

The first step consisted of conducting a preliminary visual study using thematic maps and graphs with information about census districts. Figure 5 is a thematic map that uses the variable that indicates the percentage of votes to the Cs political party for the classification, in relation to the number of valid votes in each census area. The census districts in the city of Valencia were explored using the *Detailed Data Tool* in GeoChess to determine the locations where the Cs political party had obtained a high percentage of votes.

Table 1 lists the variables that present higher Pearson's correlation indices with the % *Votes contributed to the Cs political party*. A strong linear relation was observed

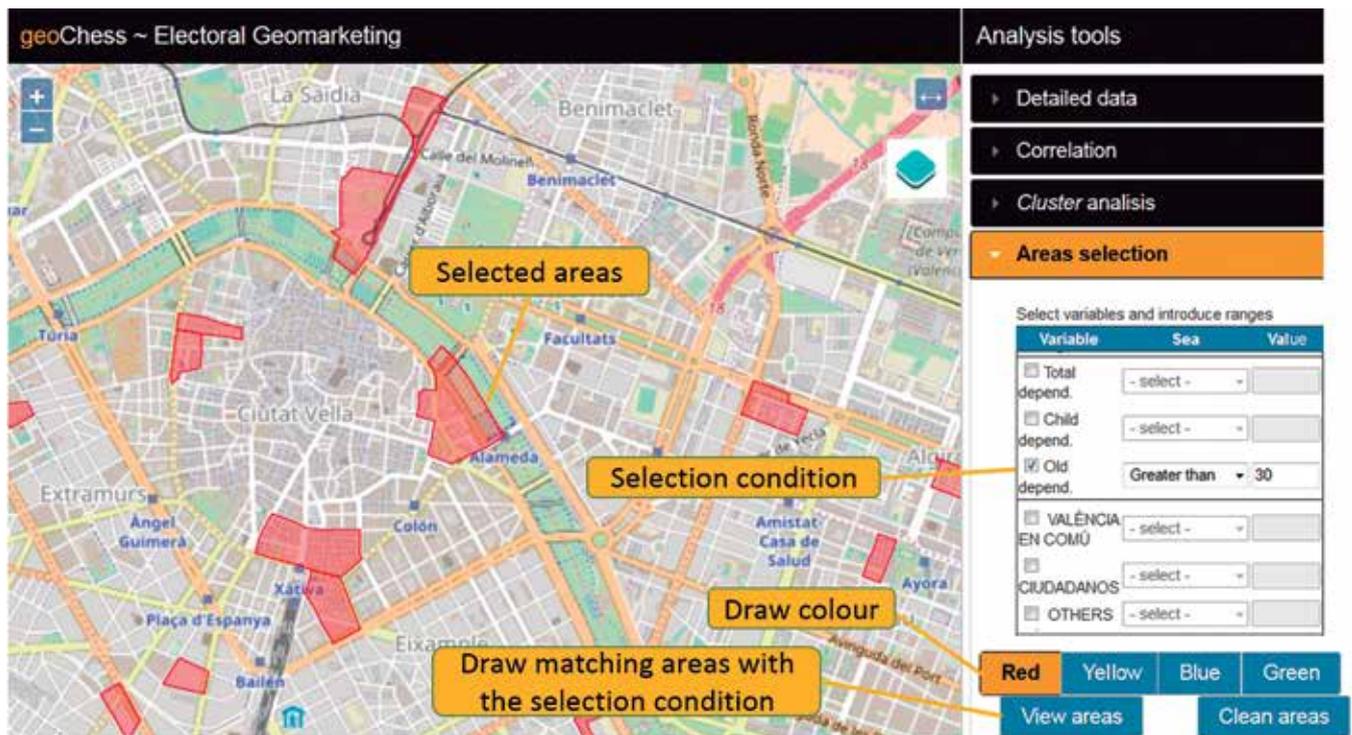


Figure 4: Selection of the areas where the percentage of older adult population exceeds 30% of the total population.

Table 1: Some variables with higher correlation indices with the variable: percentage of votes to the Cs political party. Younger population, Total immigration and Secondary and Higher education variables are considered in percentages in relation to the total population of each census area.

VARIABLE	PEARSON CORRELATION COEFFICIENT
% Younger population	0.4174
% Total immigration	-0.4612
Average price per m2	0.8620
% number of commerces	0.4988
% Secondary Education	-0.5285
% Higher Education	0.7329

between such variable and the *average price per square meter*, with correlation coefficient above 0.8. There are more voters of Cs in the census areas having a higher percentage of people with higher education (a positive correlation); consequently, the percentage of people with secondary education was lower (a negative correlation).

4.2 Cluster analysis with percentage of votes to the Cs political party

We consider the % Votes to the Cs political party to

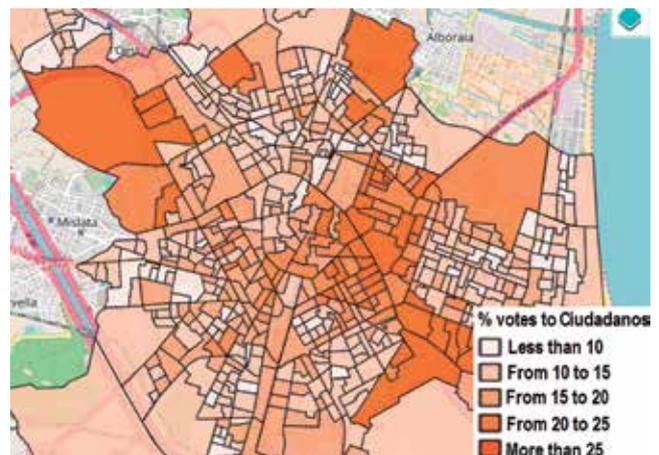
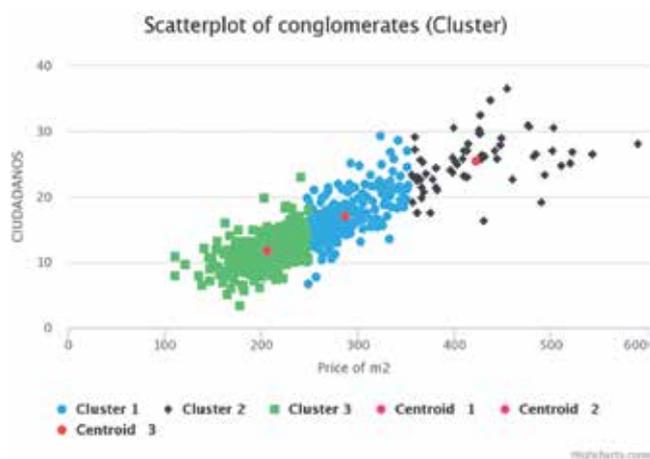
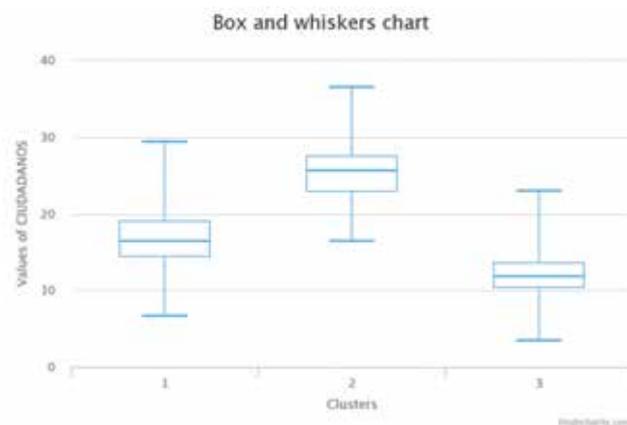


Figure 5: Thematic map using the percentage of votes obtained by the political party Cs

perform the cluster analysis together with % *Younger population*, % *Total immigration*, *Average price per square meter*, and % *Higher Education*, in order to classify census areas into different categories. We estimated that it would be reasonable to use three classes for distinguishing between the census districts with a high potential (*or hot spots*), or with a medium and low potential. Table 2 lists the centroids together with the maximum and minimum obtained in all three categories. Here, we can observe that the first and second categories include the lowest and highest means of the % of votes to Cs, respectively. Similar phenomena occurred with the mean of the variables *average price per square meter* and % *Higher*



(a) Scatterplot showing the distribution of the three classes according to the variables average price per square meter and % Votes to Cs



(b) Box plot of the % Votes to Cs, separately obtained by the three classes obtained in the cluster analysis

Figure 6: Cluster analysis results of three classes using the four independent variables used in table 2 along with the variable % Votes to Cs.

Education. The percentage of the younger population presents a greater similarity among categories. Moreover, the percentage of the total number of immigrants displays an inverse behavior to that of percentage of votes to Cs.

GeoChess allows a dispersion diagram to be viewed where clusters are distinguished by colors, as illustrated in Figure 6(a). Here, we can observe the separation between categories according to the variable % Votes to Cs and average price per square meter. This geoportal also allows us to obtain the box and whiskers charts, offered

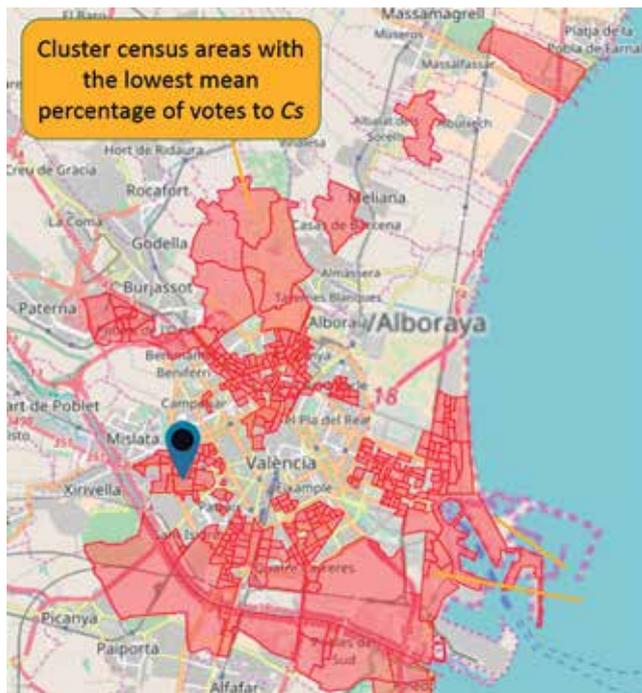
in Figure 6(b), with which the separation of the classes obtained in the cluster analysis can be observed.

Figure 7(a) features the census areas from Cluster 1 of table 2 marked in red, whose mean is the lowest in the percentage of votes to Cs. In blue, Figure 7(b) shows the census areas that belong to the cluster 2 with the highest mean in this percentage of votes. Cluster 1 includes 54.7% of the census areas, while only 10.19% belong to the cluster 2 with the highest mean, as we can observe in Table 2.

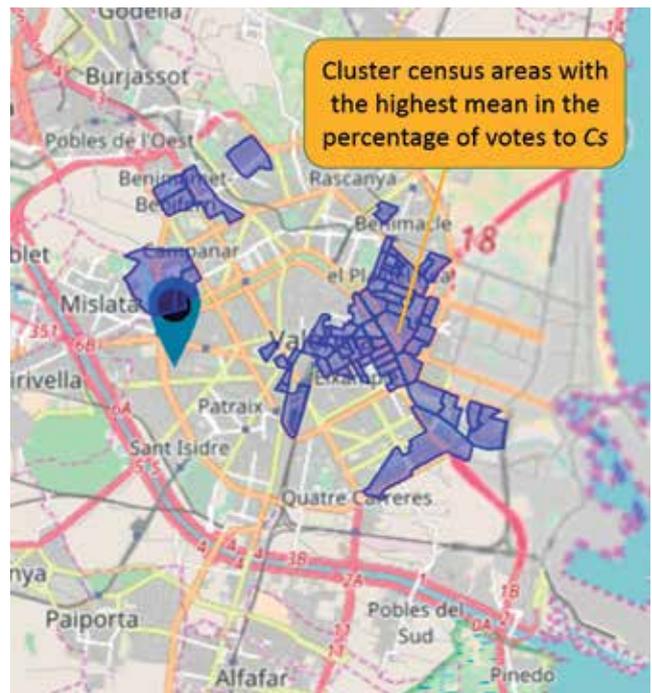
We can see in Figure 7(b) the census districts with more votes to Cs, where the average property price per

Table 2: Centroids, maximum and minimum of variables in each cluster using the k-means method and the squared Euclidean distance metric, and using the variables percentage of votes to the Cs party along with % Younger population, % Total immigration, Average price per square meter, and % Higher Education.

CLUSTER	% CS	% YOUNGER POPULATION	% TOTAL IMMIGRATION	PRICE PER M2	% HIGHER EDUCATION	PERCENTAJE OF CENSUS DISTRICTS
1 Centroid	11.820	13.846	18.894	206.309	17.161	54.669%
Max	22.926	22.5629	44.3680	248.9	64.4809	
Min	3.3708	8.58283	5.43175	110.71	0	
2 Centroid	25.406	16.828	9.833	422.617	56.220	10.187%
Max	36.455	29.5029	20.2697	590.74	81.2030	
Min	16.379	9.71659	4	356.03	19.6203	
3 Centroid	16.996	14.387	14.078	286.259	36.896	35.144%
Max	29.323	28.4299	30.9446	352.48	66.0714	
Min	6.6581	7.3908	5.5076	244.19	8.0	



(a) Map with the census areas of the cluster with the lowest mean percentage of votes to Cs



(b) Map with the census areas of the cluster with the highest mean in the percentage of votes to Cs

Figure 7: Results of the cluster analysis with three categories

square meter is high, and there is a high percentage of the younger population along with a high percentage of the population with higher education. We infer that it is not necessary to intensify the electoral campaign in these areas, but to merely maintain it in similar terms to those of the last local elections.

4.3. Locating the areas with more potential voters for the Ciudadanos political party

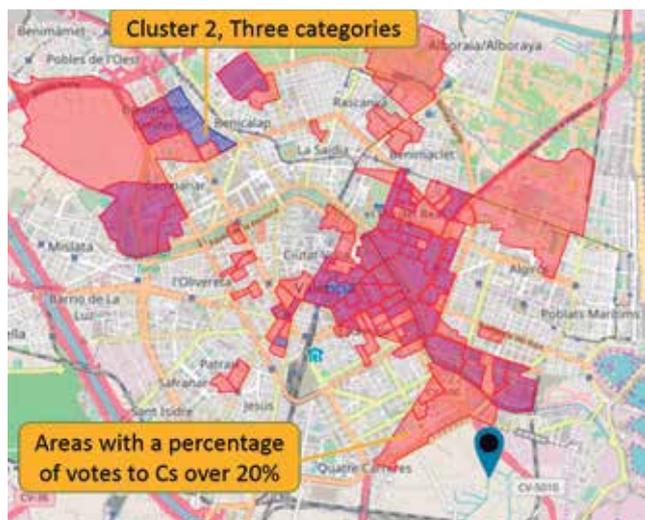
The GeoChess Area Selection Tool allowed us to mark the census areas whose *percentage of votes to Cs* was observed to be in a given interval to be chosen. Consequently, the maximum and minimum values of the percentage of votes considered by users can be included, and the results can be compared with the census sections that belong to a given cluster. To make such a comparison, calculating the clusters by eliminating the variable *% Votes to Cs* from the variables employed to calculate it might be useful. Figure 8 compares the areas where the Cs political party obtained a percentage of the votes that exceeded 20% in the local elections of 2015 (in red) with the areas that belong to the cluster with higher values in the variable *average price per square meter*. The objective was to find more optimum areas, i.e., the areas that were classified in the cluster with higher values for the variable *average price per square meter* using variables considered in table 2 where, consecutively, the Cs

political party's electoral result was lower than expected.

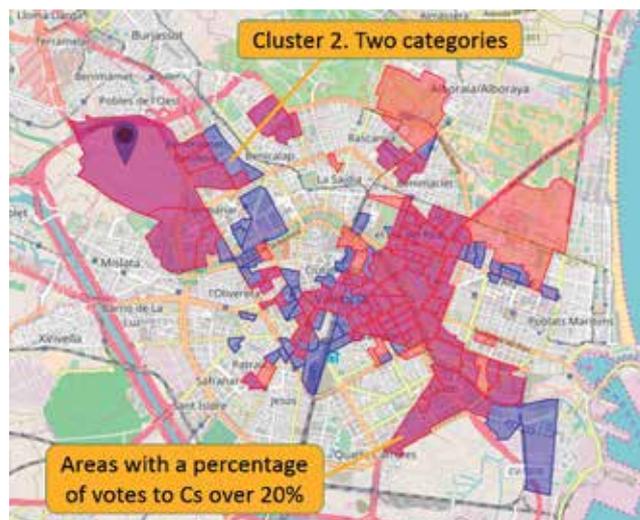
Figure 8(a) shows the cluster analysis results using three classes and Figure 8(b) illustrates the result while considering only two classes. The areas shown in Figure 8 contain more potential voters for the Cs political party, where potential characteristics were joined but did not display such a high percentage of voters as expected. Therefore, this is where resources need to be reinforced.

5. CONCLUSIONS

This paper presented a step-by-step geomarketing methodology that could be used to identify the locations of potential voters, for which a tool called GeoChess was designed. Although GeoChess could be applied to any urban system, the results of this paper were obtained to analyze the votes acquired by political parties in the 2015 local elections held in the city of Valencia, Spain. The socio-demographic data of this city were related to the data on local voting and compared with the census areas, or microzones. The objective was to demonstrate the possibility of selecting geographic areas where potential voters fulfilled certain characteristics, and the areas where they did not exist. This helps political parties in identifying the areas to reinforce their electoral campaigns, and the locations where they should be avoided.



(a) Cluster analysis with three categories



(b) Cluster analysis with two categories

Figure 8: Comparing Cluster 2 (blue) to the areas with a percentage of votes over 20% (red). (a) Cluster analysis with three categories. (b) Cluster analysis with two categories.

GeoChess was used to identify those areas in a given territory that are more likely to change the vote, and where potential voters of a given political party may exist. With this information, the areas where this party should center its efforts could be analyzed to obtain the best electoral return with the least resources. The results of this paper showed a way to follow this methodology for the Cs political party, which introduced their candidates in the 2015 local elections in Valencia, Spain.

6. REFERENCES

- Banos, R., Wandosell, G., & Concepcion Parra, M. (2016). Web GIS to enhance relational capital: the case of general merchandise retailers. *Journal of Knowledge Management*, 20(3), 578–593. <https://doi.org/10.1108/JKM-06-2015-0218>
- Bednar, J., & Gerber, E. R. (2011). Political Geography, Campaign Contributions, and Representation. Retrieved November 3, 2017, from http://www-personal.umich.edu/~jbednar/WIP/irod_050211_wfigs.pdf
- Eskov, A. (2014). *Spatial Patterns and Irregularities of the electoral data: general elections in Canada*.
- Ganning, J. P., Coffin, S. L., McCall, B., & Carson, K. (2014). Goals, Challenges, and Capacity of Regional Data Portals in the United States: An Updated Understanding of Long-Standing Discussions. *Journal of Urban Technology*, 21(4), 125–139. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942168>
- Gimpel, J. G., Lee, F. E., & Kaminski, J. (2006). The Political Geography of Campaign Contributions in American Politics. *The Journal of Politics*, 68(3), 626–639. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/10.1111/j.1468-2508.2006.00450.x>
- INE. (2015). Geometries of Spanish census districts. Retrieved November 12, 2017, from http://www.ine.es/censos2011_datos/cen11_datos_resultados_seccen.htm
- Jankovic, N., Govedarica, M., Navratil, G., & Fogliaroni, P. (2018). Domain Model Of An Agricultural Information System Based On Standards. *Geodetski Vestnik*, 62, 51. <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.51-67>
- Jenks, G.F. (1977). Optimal Data Classification for Choropleth Maps. *Occasional Paper, Dept. Geography. Univ. Kansas*, (2), 24.
- Jenks, George F, & Caspall, F. C. (1971). Error on Choropleth Maps: Definition, Measurement, Reduction. *Annals of the Association of American Geographers*, 61(2), 217–244. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1971.tb00779.x>
- Juriscic, M., Ravlic, S., Loncaric, R., & Pugelnik, I. (2016). Implementation of geographic information technology in marketing - GIS marketing. In B. Bacher, U and Barkovic, D and Dernoscheg, KH and LamzaMaronic, M and Matic, B and Pap, N and Runzheimer (Ed.), *Conference on Interdisciplinary Management Research XII* (Vol. 12, pp. 1188–1196). UNIV APPLIED SCIENCES, FAC ECONOMIC OSIJEK, HOCHSCHULE PFORZHEIM, TRG SV, TROJSTVA 3, OSIJEK, 31000, CROATIA: JOSIP JURAJ STROSSMAYER UNIV OSIJEK.
- Kanungo, T., Mount, D. M., Netanyahu, N. S., Piatko, C. D., & Silverman, R. (2002). An efficient k-means clustering algorithm: analysis and implementation.

- IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. United States. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2002.1017616>
- North, M. A. (2009). A Method for Implementing a Statistically Significant Number of Data Classes in the Jenks Algorithm. In *2009 Sixth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery* (Vol. 1, pp. 35–38). <https://doi.org/10.1109/FSKD.2009.319>
- Ourednik, A. (2017). The third dimension of political mapping: exploiting map interactivity for a better understanding of election and referendum results. *Cartography and Geographic Information Science*, 44(4), 284–295. <https://doi.org/10.1080/15230406.2017.1295820>
- Panchaud, N. H., Enescu, I. I., & Hurni, L. (2017). Smart Cartographic Functionality for Improving Data Visualization in Map Mashups. *Cartographica*, 52(2), 194–211. <https://doi.org/10.3138/cart.52.2.4115>
- Pavía, J. M., Larraz, B., & Montero, J. M. (2008). Election forecasts using spatiotemporal models. *Journal of the American Statistical Association*, 103(483), 1050–1059.
- Punj, G., & Stewart, D. W. (1983). Cluster analysis in marketing research: Review and suggestions for application. *Journal of Marketing Research*, 134–148.
- Resch, B., & Zimmer, B. (2013). User Experience Design in Professional Map-Based Geo-Portals. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2(4), 1015–1037. <https://doi.org/10.3390/ijgi2041015>
- Robinson, W. S. (2009). Ecological Correlations and the Behavior of Individuals. *International Journal of Epidemiology*, 38(2), 337–341. <https://doi.org/10.1093/ije/dyn357>
- Spanish Home Office. (2015). Electoral data. Retrieved November 20, 2017, from <http://www.infoelectoral.mir.es/>
- Vogt, W. P., & Johnson, R. B. (2011). *Dictionary of Statistics & Methodology: A Nontechnical Guide for the Social Sciences*. (Sage, Ed.).
- Zhou, X., Xu, C., & Kimmons, B. (2015). Detecting tourism destinations using scalable geospatial analysis based on cloud computing platform. *Computers, Environments and Urban Systems*, 54, 144–153. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.07.006>

Sobre los autores

Gaspar Mora-Navarro

Ingeniero Técnico en Topografía y Doctor en Ingeniería en Geodesia y Cartografía. Profesor colaborador en la Universitat Politècnica de València (España) desde el año 2001, especialista docente e investigador en temas relacionados con información geográfica, bases de datos geoespaciales, desarrollo web y geoportales, sistemas de información geográfica, diseño asistido por ordenador y programación.

Ángel Balaguer-Beser

Licenciado y doctor en ciencias matemáticas desde el año 1996. Profesor Titular de Universidad en el Departamento de Matemática Aplicada e investigador del grupo de Cartografía Geoambiental y Teledetección de la Universitat Politècnica de València. Ha trabajado en el diseño de esquemas numéricos para la resolución de las ecuaciones en derivadas parciales que simulan el movimiento del agua y transporte de sedimentos en ríos y canales abiertos. Una de sus líneas de investigación se centra en las técnicas de clasificación de objetos e interpolación subpíxel en imágenes de satélite. También ha investigado en técnicas estadísticas de análisis multivariante y geoestadística para la estimación y el cartografiado de fenómenos naturales.

Carles Martí Montolí

Ingeniero en Geodesia y Cartografía con Máster en Ingeniería Geomática y Geoinformación en la Universitat Politècnica de València (España). Especialista en análisis de datos, sistemas de información geográfica, flujos ETL y programación orientada a los geoprocursos con Python. Galardonado por su Trabajo Final de Máster con el premio Padre Tosca de 2016 y el premio Francisco Coello en 2017. Ha desarrollado su actividad profesional en el análisis electoral y en el Institut Cartogràfic Valencià. En la actualidad es docente de la Asociación Geoinnova en un curso del ETL “FME Desktop” y está cursando un máster en Big Data y Data Science en la VIU.

Carmen Femenia-Ribera

Desde el año 1998, Profesora Titular de Catastro en la Universitat Politècnica de València (España). Ingeniera Técnica en Topografía y Doctora en Ingeniería en Geodesia y Cartografía. Responsable de labores de investigación y docencia en temáticas de Catastro, Registro de la Propiedad, sistemas de administración del territorio, coordinación cartográfica, legislación territorial, deslindes, servidumbres... Representante del Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica, COIGT (España) en la comisión 7 de la FIG. Y miembro de la Academia Panamericana de la Agrimensura y Topografía. Administradora del blog «¿Cuánto mide mi parcela?. Sobre Catastro, Cartografía y Delimitación de la Propiedad» [<http://planosypropiedad.com>].

Técnicas de posicionamiento GNSS aplicadas a la ingeniería

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 201, 44-48
julio-agosto 2020
ISSN: 1131-9100

Gnss positioning techniques applied to engineering

Guillermina S. Santecchia , Juan Manuel Span

Resumen

La utilización de un VANT (vehículo aéreo no tripulado) para la adquisición de datos de una determinada zona geográfica permite su posterior tratamiento en distintos softwares de procesamiento y su integración en un SIG (sistemas de información geográfica), como la confección de distintos productos como ortofotos, DEM (modelos digitales del terreno), perfiles topográficos, etc. Para obtener resultados con precisión planialtimétrica óptima será necesario contar con puntos de apoyo en el terreno referidos a algún sistema de coordenadas, además de los puntos de control para la verificación de los resultados obtenidos.

El relevamiento de puntos con coordenadas tridimensionales se puede obtener con distintos métodos e instrumentales. En este trabajo utilizamos técnicas GNSS, en el que se comparan mediciones tomadas con un mismo equipo de medición GPS, utilizando el método de medición RTK (Real Time Kinematic) y el método NTRIP (Networked Transport of RTCM vía Internet Protocol). El objetivo es realizar un análisis comparativo de las coordenadas obtenidas en diez puntos fijos, con los dos métodos de medición, y suministrar información sobre sus ventajas y desventajas, para su utilidad en el procesamiento de datos obtenidos con un VANT.

Abstract

The use of VANT (unmanned aerial vehicles) for the acquisition of data from a specific geographical area allows its processing in different processing software and its integration into GIS (geographic information systems), allows to obtain different products such as orthophotos, DEM (digital elevation models), topographic profiles, etc. In order to obtain results with planimetric and altimetric accuracy, it will be necessary to have ground control points in some coordinate system, and the control points for the verification of the results obtained.

The survey of points with three-dimensional coordinates can be obtained with different methods and instruments, but in this work we use GNSS techniques. Measurements taken with the same GPS measurement equipment are compared, using the RTK (Real Time Kinematic) measurement method and the NTRIP (Networked Transport of RTCM method via Internet Protocol). The objective is to carry out a comparative analysis of the coordinates obtained in ten fixed points, with the two measurement methods, and to provide information on their advantages and disadvantages, for their usefulness in the processing of data obtained with a VANT.

Palabras clave: **GPS, medición satelital, GNSS, NTRIP, RTK, VANT.**

Keywords: **GPS, satellite measurement, GNSS, NTRIP, RTK, VANT.**

Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina. Departamento de Ingeniería Eléctrica y de computadoras, Universidad Nacional del Sur (UNS), CONICET, Bahía Blanca, Argentina.

guillermina.santecchia@uns.edu.ar

Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina.

jmspan@hotmail.com

Recepción 13/02/2020
Aprobación 13/03/2020

1. INTRODUCCIÓN

El advenimiento de la tecnología satelital junto al desarrollo informático y tecnológico, y la aparición de los VANTs en las últimas décadas, marcaron un nuevo rumbo en la adquisición de datos del terreno y en las mediciones de coordenadas tridimensionales de puntos. En la actualidad se utiliza el GPS (sistema de posicionamiento global) para realizar estudios del terreno y realizar posicionamientos precisos, y se complementa con relevamientos obtenidos con VANTs.

Las técnicas fotogramétricas han evolucionado con el pasar de los años y se han adaptado a las nuevas tecnologías revolucionando la topografía. Entre las ventajas adquiridas podemos mencionar una mayor precisión en los datos obtenidos, el tratamiento digital de los resultados, la integración a los SIG y una reducción en los tiempos de trabajo. (Ruiz Sabina et al., 2015).

En las obras de ingeniería es necesario el relevamiento previo del terreno y de hechos físicos existentes para realizar el proyecto de la obra. Luego deben realizarse mediciones topográficas (relevamientos y replanteos) durante la ejecución de la misma. Finalizado el trabajo se realiza el relevamiento para obtener el conforme a obra. Además suelen ser necesarios cálculos volumétricos de distintos materiales como áridos, toscas, tierra, etc. Para alcanzar resultados óptimos utilizando técnicas fotogramétricas debemos contar con puntos de control en el terreno. Los relevamientos pueden ser realizados utilizando diferentes instrumentos topográficos, para lo cual se busca una adecuada precisión y minimizar el tiempo de trabajo. (Sergio Arriola Valverde et al., 2018).

La medición con un receptor GPS no requiere línea visual directa entre los puntos de estudio, esto logra aumentar la productividad, pudiendo tomar tramos de largas distancias. Se necesita tener como mínimo cuatro satélites visibles por encima del horizonte en cualquier punto de la superficie y en cualquier altura. Este sistema de relevamiento por satélite representa un gran avance respecto a los métodos convencionales que datan desde los orígenes⁽¹⁾.

El objetivo de este trabajo es evaluar la diferencia obtenida en las mediciones de coordenadas de puntos utilizando dos métodos de medición: RTK y NTRIP, con un equipo GNSS. Para ello se relevaron 10 puntos en el terreno, el cual uno de ellos es de coordenadas conocidas.

Los sistemas de navegación por satélite global

(GNSS) ofrecen varios tipos de soluciones de posicionamiento como el GPS diferencial (DGPS) y soluciones cinemáticas en tiempo real (RTK). Estas soluciones se obtienen con diferentes receptores que sirven para diferentes tipos de usuarios y distintas tareas de campaña. (Parkins, 2011).

1.1. Principios básicos

El instrumento de medición GPS es un sistema electrónico de información creado por el ejército norteamericano. Es un sistema de radionavegación basado en satélites que permite a cualquier usuario saber su localización, velocidad y altura, durante todo el día, bajo cualquier condición atmosférica y en cualquier punto de la superficie terrestre. Sin dudas muchos ajustes fueron necesarios antes de llegar a la versión actual de estos equipos⁽²⁾.

Está compuesto por tres componentes: el espacial, el de control y el de usuario. El componente espacial está constituido por una constelación de satélites en órbita terrestre aproximadamente a 20200 km. El componente de control está constituido por estaciones de rastreo distribuidas a lo largo del planeta y una estación de control principal (MCS - Master Control Station). Este componente rastrea los satélites, actualiza sus posiciones orbitales y calibra y sincroniza sus relojes. Otra función importante es determinar las órbitas de cada satélite y prever su trayectoria durante las 24 horas siguientes. Esta información es enviada a cada satélite para después ser transmitida por éste, informando al receptor local donde es posible encontrar el satélite. El componente del usuario incluye todos aquellos que usan un receptor GPS para recibir y convertir la señal GPS en posición, velocidad y tiempo. Incluye además todos los elementos necesarios en este proceso, como las antenas y el software de procesamiento⁽³⁾.

El fundamento del GPS se basa en poder determinar la distancia entre un punto, donde se encuentra el receptor, a los satélites. Se necesitan como mínimo cuatro satélites para poder determinar la posición correctamente. Cada satélite transmite una señal que es recibida por el receptor. Luego éste por su parte mide el tiempo que las señales tardan en llegar hasta él. Multiplicando el tiempo medido por la velocidad de la señal (la velocidad de la luz) obtenemos la distancia receptor-satélite⁽⁴⁾.

(2) <https://www.gps.gov/spanish.php>

(3) https://www.academia.edu/24121365/El_posicionamiento_por_sat%C3%A9lite_y_sus_aplicaciones_civiles_GPS_y_GALILEO?email_work_card=titl

(4) [https://es.wikipedia.org/wiki/RTK_\(navegaci%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/RTK_(navegaci%C3%B3n))

(1) <https://www.gps.gov/spanish.php>

1.2. Métodos de medición

Podemos clasificar a las mediciones según el movimiento de los receptores. El método estático es aquel en el que el receptor permanece quieto durante un intervalo de tiempo. El método cinemático se caracteriza porque el receptor está en movimiento continuo. En este caso los valores de las coordenadas tridimensionales podemos obtenerlas con postproceso y en tiempo real.

El método postproceso tiene la característica de que la obtención de coordenadas sucede después de la observación, operación que se realiza en gabinete. La obtención de las coordenadas en tiempo real (RTK) sucede porque se corrige el tiempo que tarda la señal emitida por el satélite en llegar al receptor y se obtienen las coordenadas corregidas en el momento de observación. Cuando se utiliza NTRIP se obtienen las correcciones mediante una estación permanente GNSS que actúa como base. Las correcciones DGPS se realizan a través de internet y redes IP móviles. (Cintra et al., 2011)



Figura 1. GPS South G1 Plus.

2. MATERIAL Y MÉTODO

Para este trabajo se empleó un instrumento de medición GPS South Galaxy G1 Plus de 220 canales que permite obtener mejor precisión en las coordenadas planialtimétricas. Para realizar la medición se materializaron en el terreno diez puntos utilizando estacas de hierro. Se ubicaron de forma que no haya interferencia entre receptor y satélites, es decir, se escogió una zona que no cuenta con cortinas de árboles o edificios de gran altura que puedan obstruir la señal.

El relevamiento se realizó en dos etapas. En una primera instancia se realizó el relevamiento de los puntos con el método RTK. Para este caso se necesitó el equipo de medición compuesto por la antena base y la antena móvil con radio interna G1 plus, una controladora South X11 provista del programa fildgenius, y dos trípodes con bases nivelantes (uno por cada receptor).

Posteriormente se realizó la medición en modo NTRIP. Para este caso el equipo de medición estaba compuesto por la antena móvil con radio interna G1



Figura 2. Puntos en el terreno materializados con estacas de hierro.

Tabla 1: resultados de la medición RTK.

Total	Este	Norte	Posición Z
1	4561832,703	5716283,061	22,333
2	4561833,980	5716259,603	22,421
3	4561836,480	5716303,285	21,354
4	4561855,721	5716256,151	22,431
5	4561871,602	5716307,106	22,206
6	4561872,701	5716263,399	22,388
7	4561883,124	5716278,683	22,423
8	4561892,824	5716292,461	22,381
9	4561893,991	5716322,538	22,219
10	4561900,489	5716305,279	22,207

Tabla 2: resultados de la medición NTRIP.

Total	Este	Norte	Posición Z
1	4561832,706	5716283,057	22,334
2	4561833,988	5716259,602	22,412
3	4561836,480	5716303,285	21,355
4	4561855,720	5716256,151	22,435
5	4561871,609	5716307,118	22,204
6	4561872,704	5716263,396	22,386
7	4561883,133	5716278,686	22,417
8	4561892,834	5716292,459	22,386
9	4561893,994	5716322,520	22,235
10	4561900,499	5716305,281	22,218

Tabla 3: resultados de los desvíos.

Total	Este	Norte	Z
1	0,003	-0,004	0,002
2	0,008	-0,001	-0,009
3	0,000	0,000	0,001
4	0,000	0,000	0,004
5	0,007	0,012	-0,002
6	0,002	-0,003	-0,002
7	0,009	0,002	-0,006
8	0,010	-0,002	0,005
9	0,002	-0,018	0,016
10	0,010	0,002	0,011

Tabla 4: medidas estadísticas.

Total	Este	Norte	Z
Varianza (mm)	16,84	55,43	56,54
Desv. Prom. (m)	0,004	0,005	0,006
Desv. Est. (m)	0,004	0,007	0,008
Promedio (m)	0,005	-0,001	0,002

plus, una controladora South X11 provista del programa fildgenius, un trípode con base nivelante y un chip de telefonía celular.

Para ambos métodos de medición se utilizó trípode cuando se obtenían datos con la antena móvil. No se utilizó bastón, como suele suceder cuando se realizan estos relevamientos, para no introducir error por el movimiento del éste.

3. RESULTADOS

Luego de realizadas las mediciones se descargaron los archivos obteniendo las tablas con las coordenadas de los puntos obtenidos. El sistema de referencia utilizado es POSGAR 2007, argentina faja 4, con Datum WGS84. Los valores de las cotas están referidos al modelo de geoide AR-16 del Instituto Geográfico Nacional⁽⁵⁾.

Se analizaron los datos obtenidos y se calcularon las desviaciones promedio y estándar y la varianza. Se puede observar en la siguiente tabla que no existen diferencias, entre ambos métodos de medición, superiores a los 12mm. Las desviaciones producidas en las coordenadas no alcanzan el valor de 1cm y la varianza no supera los 57mm.

4. CONCLUSIONES

NTRIP es una nueva tecnología para transferir datos GNSS a través de Internet y redes IP móviles. Las pruebas de mediciones en el terreno, sobre diferentes puntos, no muestran una disminución de la calidad de la medición en comparación con el uso de otros métodos de medición. Podemos anunciar que NTRIP es el método de transmisión del futuro. Este método de medición no requiere que existan puntos de coordenadas conocidas en el terreno. Además, presenta la ventaja que sólo se usa la antena móvil por lo que la medición la realiza un solo operador, es decir no se necesita el cuidado de la base sobre un punto de coordenadas conocidas. Es un medio seguro, rápido y rentable para obtener precisión en las mediciones.

REFERENCIAS

Ruiz Sabina Juan Ángel, Valle David Gallego, Peña Ruiz Cristina, Molero García Jesús Manuel y

(5) <https://www.ign.gov.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Geoide-Ar16>

Gómez Laguna Antonio. (2015). Fotogrametría aérea por drone en yacimientos con grandes estructuras. Propuesta metodológica y aplicación práctica en los castillos medievales del Campo de Montiel. *Virtual Archaeology Review*, 6 (13), 5-19.

Sergio Arriola Valverde, Amit Ferencz Appel y Renato Rimolo-Donadio. (2018). Fotogrametría terrestre con sistemas aéreos autónomos no tripulados. *Investiga. TEC*, 11 (31), 9-12.

GPS: The Global Positioning System. A global public service brought to you by the U.S. government. (2020). Recuperado de <https://www.gps.gov/>.

Parkins, A. (2011). *GPS Solution*, 15 (4), 391-402. <https://doi.org/10.1007/s10291-010-0198-0>.

Introducción al sistema GPS: principios de funcionamiento. (2020). Recuperado de https://www.academia.edu/24121365/El_posicionamiento_por_sat%C3%A9lite_y_sus_aplicaciones_civiles_GPS_y_GALILEO?email_work_card=title.

RTK (Navegación). (2020). Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/RTK_\(navegaci%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/RTK_(navegaci%C3%B3n)).

Cintra, Jorge Pimentel, Nero, Marcelo Antonio, & Rodrigues, Danilo. (2011). GNSS/NTRIP service and technique: accuracy tests. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 17(2), 257-271. <https://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702011000200006>.

Sobre los autores

Guillermina S. Santecchia

Ingeniera Agrimensora. Graduada de la Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. Desde 2018 es alumna del doctorado en Ingeniería del departamento de Ingeniería de la UNS, en el cual trabaja con técnicas fotogramétricas y de teledetección. Profesora interina en las cátedras de 'Fotogrametría' y 'Fotointerpretación y Teledetección' de la UNS desde 2019. Ayudante de la cátedra de 'Topografía y Geodesia' desde 2014.

Juan Manuel Span

Agrimensor. Graduado de la Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. Desde 2017 es ayudante de la cátedra de 'Topografía y Geodesia' de la UNS. Realiza trabajos de topografía desde 2009 utilizando variado instrumental topográfico y realiza trabajo profesional independiente.



TRIMBLE SX10

Estación Robótica 1"
1mm EDM con imagen.

Escáner de hasta
600 metros de alta
velocidad.



- Distribuidor de Trimble Geospacial, Spectra Precision, Trimble Intech exclusivo España y Portugal
- Laboratorio máster de referencia Trimble España
- Desarrolladores oficiales de aplicaciones personalizadas Trimble
- Alquileres en península, Baleares y Canarias

Comparación de dos modelos digitales de elevación generados a partir de un sistema UAV e instrumental GNSS

REVISTA **MAPPING**
Vol. 29, 201, 50-56
julio-agosto 2020
ISSN: 1131-9100

Comparison of two digital elevation models generated from UAV systems and GNSS instruments

Guillermina S. Santecchia , Juan Manuel Span

Resumen

El avance informático y tecnológico, y la aparición de los UAV (unmanned aerial vehicle) en las últimas décadas, marcaron un nuevo camino en los relevamientos topográficos y en las mediciones de coordenadas tridimensionales de puntos. La generación de modelos digitales de elevación (DEM), ortomosaicos y productos cartográficos generados a través de sistemas UAV es una herramienta alternativa en el ordenamiento del suelo o el estudio de una determinada zona. En este trabajo se generaron dos DEM, uno a través de datos obtenidos con un UAV. Para ello se realizó un vuelo autónomo, a una altura de vuelo de 60 metros, velocidad crucero de 8 m/s, traslape longitudinal del 80 % y lateral del 70 %. Con esto se obtuvieron imágenes con 2,6 cm/pix de resolución espacial. El otro modelo se confeccionó a través de datos tomados con un receptor GPS/GNSS (Global Position System - Global Navigation Satellite System) South Galaxy G1 Plus de 220 canales que permite obtener mejor precisión en las coordenadas planialtimétricas. Es un equipo de doble frecuencia (L1/L2) y recibe información de las constelaciones GPS, GLONASS, BEIDOU y GALILEO. Luego, se compararon los resultados para evaluar la precisión en los productos generados. Los resultados obtenidos en el presente trabajo detectan diferencias significativas en cuanto a la densidad de puntos que pueden obtenerse para confeccionar el DEM. Ambas tecnologías pueden ser eficientes dependiendo del objetivo del trabajo. Cuando la superficie a relevar presenta una pendiente uniforme, con ambos instrumentos se puede alcanzar similares resultados, pero cuando la superficie a relevar presenta depresiones o zonas elevadas, se alcanzan resultados distintos. El DEM que se obtiene con el UAV se adapta mejor a la topografía del terreno.

Abstract

The technological advance and the appearance of UAVs (unmanned aerial vehicle) in the last decades marked a new path in topographic surveys and measurements of three-dimensional coordinates of points. The generation of Digital Elevation Models (DEM), orthomosaics and cartographic products generated through UAV systems is an alternative tool in the urban planning or the study of a certain area. In this work, two DEMs were generated, one through data obtained with a UAV. For this, an autonomous flight was made, at a flight height of 60 meters, with a cruising speed of 8 m / s, longitudinal overlap of 80 % and lateral overlap of 70 %. With this, images with 2.6 cm / pix of spatial resolution were obtained. The other model was made using data taken with a South Galaxy G1 Plus 220-channel GPS / GNSS (Global Position System - Global Navigation Satellite System) receiver that allows better precision in planialtimetric coordinates. It is a dual frequency equipment (L1 / L2) and receives information from the GPS, GLONASS, BEIDOU and GALILEO constellations. The results were compared to assess the precision of the products generated. The results obtained in this work detect significant differences in terms of the density of points that can be obtained to make the DEM. Both technologies can be efficient depending on the objective of the work. When the surface to be surveyed presents a uniform slope, both instruments can achieve similar results, but when the surface to be surveyed has depressions or high areas, different results are achieved. The DEM obtained with the UAV is better adapted to the topography of the land.

Palabras clave: UAV, GPS, GNSS, DEM, Modelo digital de elevaciones.

Keywords: UAV, GPS, GNSS, DEM, Digital elevation model.

Guillermina S. Santecchia . Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina. Departamento de Ingeniería Eléctrica y de computadoras, Universidad Nacional del Sur (UNS), CONICET, Bahía Blanca, Argentina.
guillermina.santecchia@uns.edu.ar

Juan Manuel Span. Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina.
jmspan@hotmail.com

Recepción 11/05/2020
Aprobación 20/05/2020

1. INTRODUCCIÓN

El avance de la tecnología satelital junto al desarrollo informático y tecnológico, y la aparición de los UAV (unmanned aerial vehicle) en las últimas décadas, marcaron un nuevo camino en los relevamientos topográficos y en las mediciones de coordenadas tridimensionales de puntos. En la actualidad se utiliza el instrumento topográfico GNSS (Global Navigation Satellite System) para realizar estudios del terreno y posicionamientos precisos, y se complementa con relevamientos obtenidos con UAV. Sin embargo, los relevamientos de pequeñas o grandes superficies pueden ser llevados a cabo utilizando diferentes instrumentos topográficos.

La generación de modelos digitales de elevación, ortomosaicos y productos cartográficos generados a través de sistemas UAV es actualmente una herramienta alternativa en el ordenamiento del suelo o el estudio de una determinada zona. En países avanzados ya se están realizando diferentes estudios utilizando este tipo de instrumento (Jimeno, 2015). Con el paso de los años también han evolucionado las técnicas fotogramétricas y los diferentes softwares para procesamiento de imágenes modificando las técnicas topográficas de medición. Esto permitió mejorar la precisión en los datos obtenidos, el tratamiento digital de los resultados, su integración a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y una reducción en los tiempos de trabajo, tanto de campo como de gabinete (Ruiz Sabina et al., 2015).

En la actualidad, existen distintos tipos de UAV y sensores; también llamados VANT (vehículo aéreo no tripulado), RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems), UAS (Unmanned Autonomous Systems) y popularmente conocidos como DRONES, término militar (Arriola Valdeverde, et al., 2018). En el mercado podemos encontrar diferentes UAV: de ala fija, híbridos y multirrotor. Debido a sus características, cada modelo puede ser específico para un determinado trabajo. La principal diferencia entre ellos es la autonomía de vuelo.

Las aeronaves de ala fija funcionan bajo el principio de sustentación de un avión. Presentan mayor tiempo de vuelo, pueden recorrer grandes distancias y cubrir superficies extensas. La disposición de las alas del instrumento no permite que pueda ser maniobrado en espacios reducidos. Para determinados trabajos, la ubicación de la cámara en el fuselaje impide realizar tomas verticales. Generalmente usan uno o dos motores, pueden volar a mayor velocidad lo que les permite cubrir extensiones amplias. Sin embargo, esto

hace que tengan que volar a mayor altura limitando la resolución espacial. Son ideales para vuelos lineales y de grandes distancias. Una desventaja es el despegue y aterrizaje de la aeronave, ya que necesitan un espacio amplio para ello (Arriola Valdeverde, et al., 2018; Fernández-Lozano, et al., 2016).

Las aeronaves multirrotor asemejan su funcionamiento a un helicóptero con múltiples rotores. La velocidad máxima que pueden alcanzar es inferior a los de ala fija. Además, poseen menor autonomía de vuelo, con un promedio de 30 minutos. Estos UAV tienen la característica de que pueden ser maniobrados en espacios reducidos y en lugares confinados. Pueden volar a baja altura, eludir obstáculos y obtener mejor resolución espacial. La cámara se monta sobre un gimbal, lo que permite que se encuentre estable en el momento de la toma y que pueda rotar en sentido vertical, en algunos equipos, hasta 180°. Los más conocidos están provistos de entre cuatro y ocho rotores. Tienen la ventaja de poderse mantener en una posición fija en pleno vuelo (Arriola Valdeverde, et al., 2018; Fernández-Lozano, et al., 2016). Las aeronaves híbridas presentan las ventajas de un sistema que combina ala fija y rotores. Los más modernos pueden realizar el despegue y el aterrizaje de forma vertical.

El sistema GPS de origen militar es el más conocido de los sistemas GNSS. Es el primer sistema operativo y es gestionado por el ejército de los Estados Unidos. En la actualidad existen otros sistemas de navegación por satélite como lo son GLONASS, GALILEO y BEIDOU (Garrido-Villén, 2020). La utilización de instrumental topográfico GNSS proporciona distintas ventajas en los relevamientos topográficos. Entre ellas podemos citar que no requiere una visual entre los puntos a medir y la distancia entre ellos puede ser mayor, optimizando así la tarea y aumentando significativamente la productividad de trabajo.

El avance tecnológico de los UAV, como la mejora en las cámaras que traen incorporadas, el aumento del tiempo de vuelo y los avances en el procesamiento de datos, impulsan la investigación y su utilización en la generación de diferentes productos topográficos y cartográficos (Valverde et al., 2018). La precisión alcanzada dependerá del método de relevamiento seguido, y por ello es necesario realizar una evaluación para cada caso en particular dependiendo del propósito del trabajo.

Ramírez Chávez E.J. et al. (2013) realizaron la identificación y caracterización del paisaje sumergido de una Bahía mediante el uso de un UAV para la cartografía de paisajes sumergidos en zonas tropicales como forma de realizar monitoreo de cobertura, alcanzando

do buenos resultados. En la actualidad se promueve la automatización, si bien es necesaria y factible en ciertas etapas, como en la generación de DEM, la extracción precisa de características sigue siendo un procedimiento interactivo (Remondino et al., 2011).

Turner et al. (2012) proponen una técnica para la corrección geométrica y la creación de mosaicos utilizando técnicas fotogramétricas de Estructura desde Movimiento (SfM). Con la nube de puntos crean un MDE y logran armar un mosaico de alta precisión. Fernández-Lozano et al. (2016) presentan algunas de las aplicaciones de los drones para la toma de información geológica de alta resolución y su uso como herramienta educativa para la diseminación de contenido científico. Además, mencionan que la combinación de información científica y educativa mediante la generación de modelos 3D proporciona una gran oportunidad para divulgar el patrimonio geológico y ayudar a su preservación.

Es importante resaltar las ventajas y desventajas de cada método de medición para la generación de distintos productos, las precisiones que pueden alcanzarse, los tiempos de trabajo de campo, el tiempo de trabajo en gabinete y el costo total de la tarea. El objetivo de este trabajo es evaluar las etapas llevadas a cabo en la generación de un modelo digital de elevaciones (DEM) utilizando dos instrumentos de medición y analizar la precisión alcanzada en cada caso. Primero, se considerará el levantamiento de fotogrametría aérea con sistemas UAV, la captura de los datos del terreno y la planificación de la misma. En una segunda etapa se analizarán los pasos y la toma de datos del levantamiento utilizando un instrumental GNSS. Luego se hará una revisión de las distintas técnicas que están siendo utilizadas y un análisis de las etapas de procesamiento para la generación de modelos digitales de elevación.

2. MATERIAL Y MÉTODO

El UAV utilizado para obtener las imágenes, con el objetivo de generar un DEM a través de técnicas fotogramétricas, es un DJI marca Phantom 4 Pro V2, multirrotor. La aeronave posee una cámara de 20 megapíxel con un FOV (field of view – campo de visión) de 84°, un sensor CMOS y un sistema de posicionamiento satelital que capta las constelaciones GPS y GLONASS.

Se realizó un vuelo autónomo, el cual fue planificado mediante la aplicación Precision Flight. Se establecieron los siguientes parámetros: altura de vuelo de 60 metros, velocidad crucero de 8 m/s, traslape longi-

tudinal del 80% y lateral del 70%. Con esto se obtuvieron imágenes con 2,6 cm/pix de resolución espacial.

Las imágenes obtenidas con el UAV fueron descargadas en formato JPG. Para realizar el procesamiento se utilizó el software Agisoft PhotoScan, comenzando con la orientación de las fotografías. Para ello se eligió una precisión alta. Luego se generó la nube de puntos densa de calidad alta y filtrado de profundidad agresivo. Finalmente se confeccionó el MDE.

Para este trabajo se empleó un receptor GPS/GNSS South Galaxy G1 Plus de 220 canales que permite obtener mejor precisión en las coordenadas planialtimétricas. Es un equipo de doble frecuencia (L1/L2) y recibe información de las constelaciones GPS, GLO-NASS, BEIDOU y GALILEO. Sus baterías proporcionan un tiempo de trabajo de aproximadamente 8 horas por receptor. Puede operarse con distintos métodos de medición. Uno es el postproceso, que obtiene las coordenadas corregidas mediante el procesado de los datos obtenidos en campo, a través de un software específico en gabinete. El otro es RTK (Real Time Kinematic), que obtiene las coordenadas corregidas en el momento de la observación.

Para este trabajo se utilizó el método RTK en su variante NTRIP. Las correcciones se realizan a través de Internet y redes IP móviles. El equipo de medición está compuesto por la antena móvil con radio interna G1 plus, una controladora South X11 provista del programa fildgenius, un bastón y un chip de telefonía celular. La toma de datos se realizó punto a punto, configurando el receptor para relevar con un error máximo de 30 milímetros. La recolección se realizó teniendo en cuenta los cambios de pendientes y la topografía del terreno. En las zonas con pendientes más abruptas se relevó una mayor cantidad de puntos, mientras que en las zonas planas se relevó menor cantidad.

La lista de puntos relevados con el receptor GPS/GNSS fue descargada en formato csv. Utilizando QGIS, un sistema de información geográfica de software libre, se convirtieron los datos en formato shape. Finalmente se confeccionó el DEM a través de un interpolado.

Tabla 1: Resumen de valores obtenidos

ESTADÍSTICAS	DEM UAV	DEM GNSS
Valor mínimo	20,02	19,90
Valor máximo	23,10	22,59
Promedio	21,71	21,64

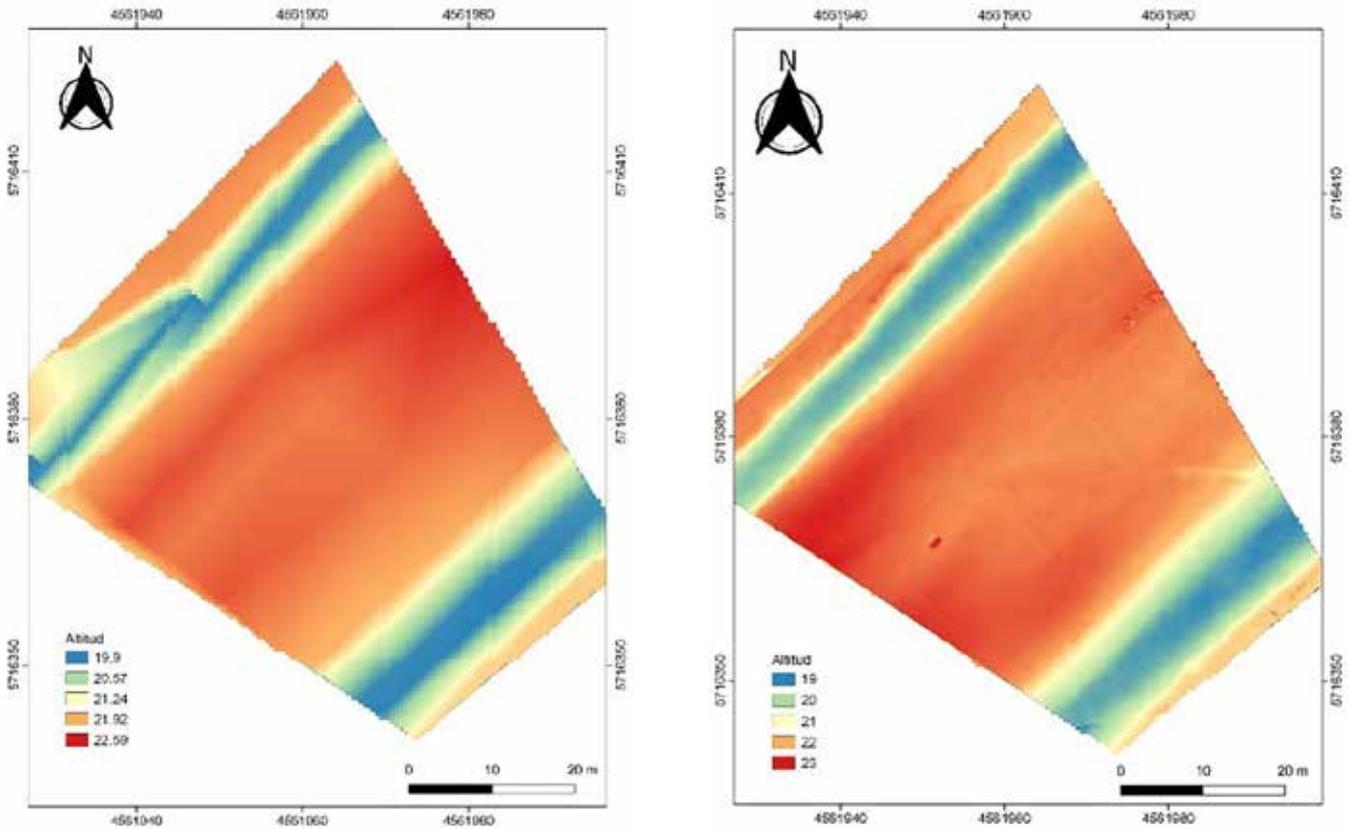


Figura 1. A la izquierda DEM generado con puntos tomados con instrumental GPS/GNSS, a la derecha DEM generado a través de imágenes de UAV

3. RESULTADOS

En la figura 1 podemos observar ambos DEM y en la figura 2 la ortoimagen de la zona de estudio. A simple vista se puede observar que el producto obtenido con UAV es más uniforme y se asemeja a la realidad. En el producto obtenido con GPS/GNSS se pueden observar zonas con interpolación deficiente provocando errores en el DEM. En la tabla 1 pueden observarse un resumen de los valores obtenidos en cada DEM. Del análisis de los resultados se determina que en las zonas llanas existe una discrepancia entre 5 cm y 10 cm, entre las altitudes obtenidas con ambos métodos. En los sectores donde la topografía del terreno presenta depresiones, la diferencia entre las altitudes obtenidas es mayor y alcanza valores superiores a 50 cm.

Para realizar un análisis más exhaustivo se confeccionaron perfiles longitudinales y transversales en diferentes zonas con pendientes llanas y más abruptas. Se superpusieron los perfiles tomados con ambos instrumentos para evaluar la diferencia entre ellos.

Se realizó una resta entre los DEM generados y se reclasificó la imagen para una mejor visualización de los resultados. Como puede observarse en la figura 4, los valores menores a cero representan las zonas en

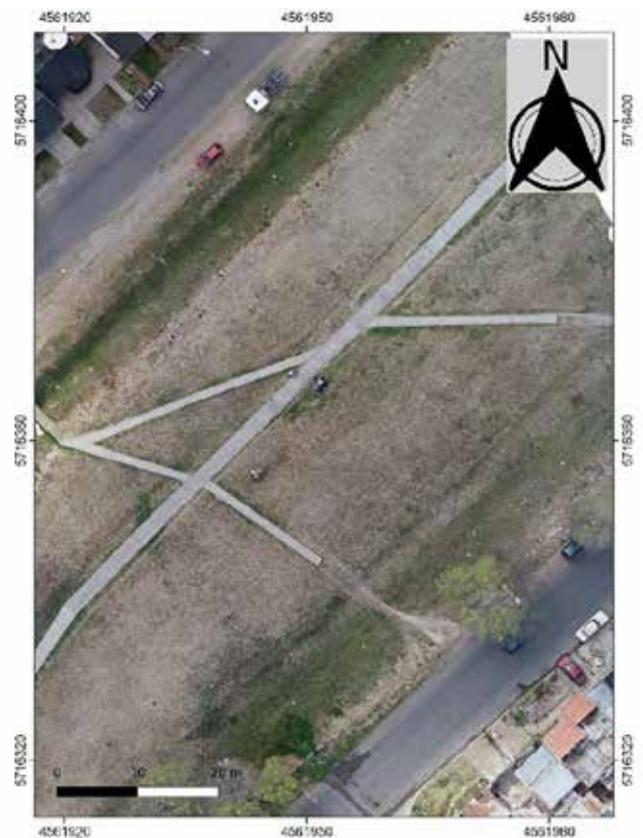


Figura 2. ortoimagen de la zona de estudio.

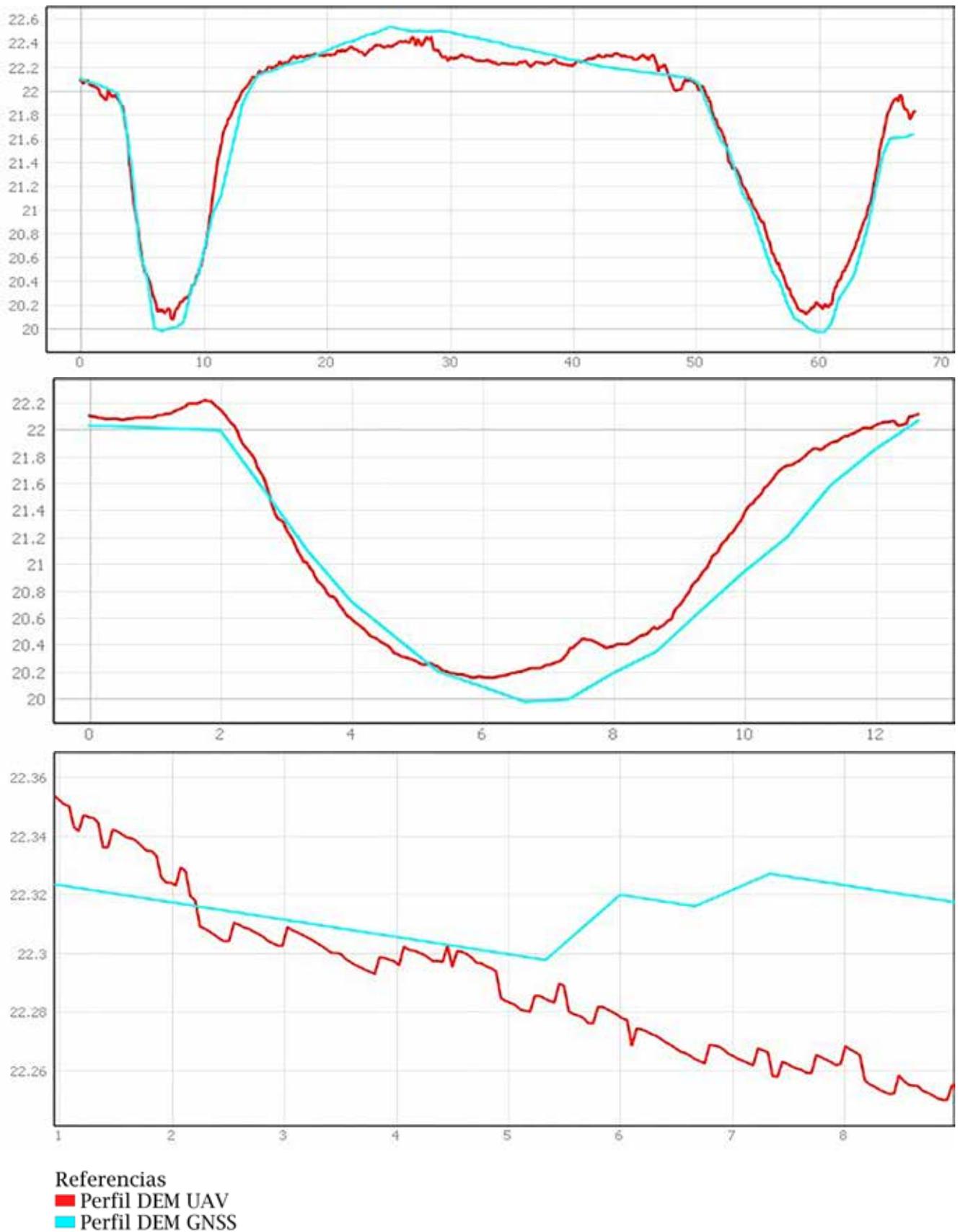


Figura 3. Perfiles

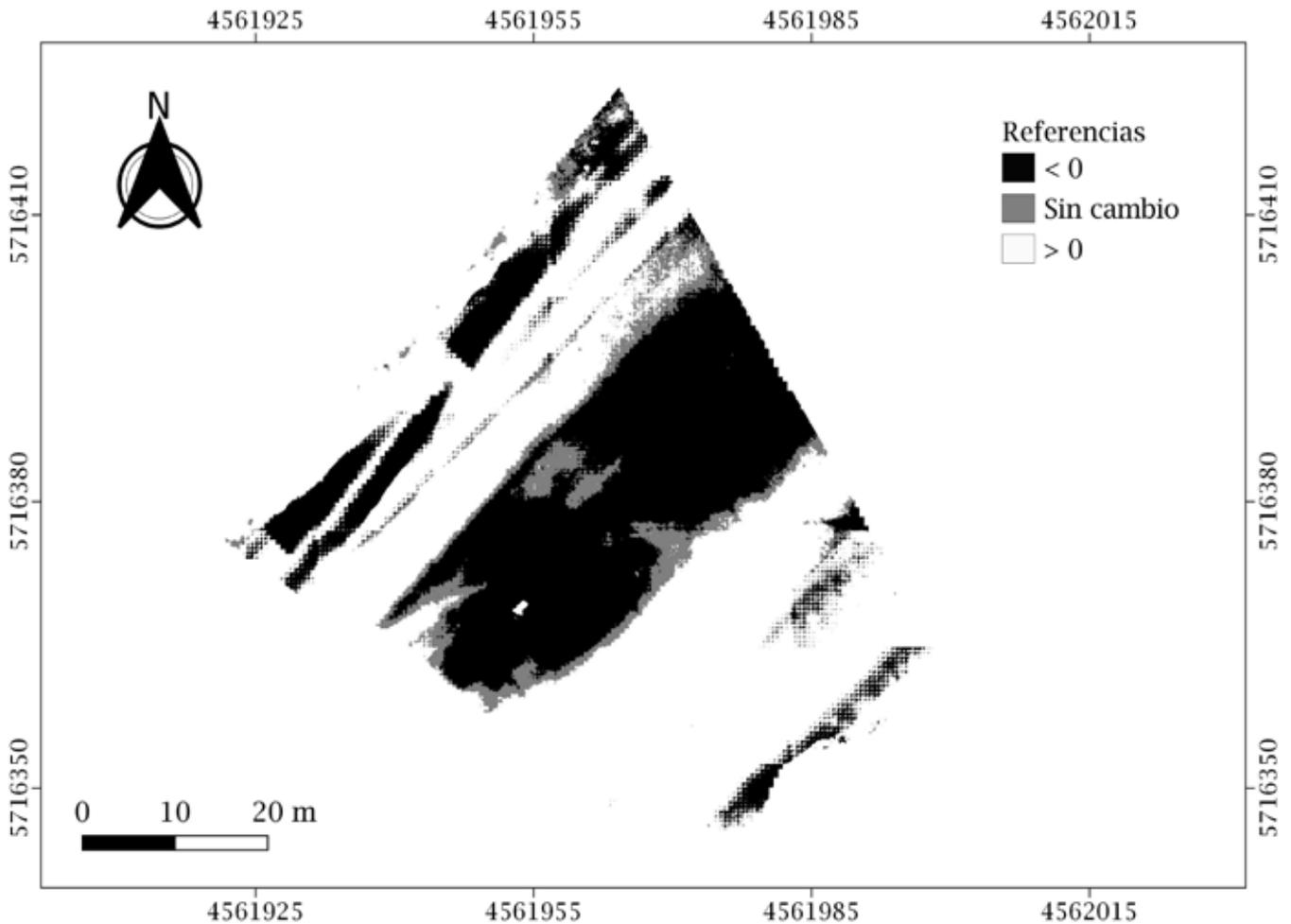


Figura 4. Restas entre los DEM generados

las que el DEM originado con el GPS/GNSS quedó por encima del generado con el UAV. Por el contrario, los valores mayores a cero representan las zonas en las que el DEM originado con el UAV quedó por encima del generado con el GPS/GNSS. Los valores en gris presentan cambios inferiores a 2 centímetros.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran diferencias significativas en cuanto a la densidad de puntos que pueden obtenerse para confeccionar el DEM. Cuando se realiza un relevamiento con GPS/GNSS se toman puntos característicos del terreno. No se realiza una nube densa de valores porque demandaría mucho tiempo de trabajo, haciendo ineficiente la labor. Esto provoca una deficiente interpolación de los datos de altitud, obteniendo un resultado no uniforme.

Cuando se toman imágenes a través de un UAV, se

puede elegir el traslape de las mismas para garantizar un resultado óptimo en la confección del DEM. De esta manera, se podrá obtener una nube densa de puntos logrando un resultado homogéneo y continuo de datos.

Luego de analizar distintos perfiles, longitudinales y transversales, de zonas llanas y de áreas con pendientes más significativas, se puede observar que con la tecnología del UAV se obtienen líneas curvas que se ajustan a la topografía del terreno. Es por ello que en estos lugares el DEM originado con el GPS/GNSS quedó por encima del generado con el UAV. En cambio, con la metodología GPS/GNSS se obtienen líneas rectas que indican pendientes abruptas y no se ajustan al relieve existente. En este caso el DEM originado con el UAV quedó por encima del generado con el GPS/GNSS.

Cuando el desnivel entre los puntos no es significativo, es decir en zonas llanas, ambos DEM se asemejan. Cuando existe una diferencia de altitud considerable, como en el caso de depresiones o pendientes abruptas,

tas, se observa una discrepancia entre ambos DEM. Con el resultado obtenido con el GPS/GNSS en estas áreas no se puede obtener un alto nivel de detalle del terreno.

Los sistemas UAV actualmente desempeñan un papel importante en los relevamientos topográficos. Permiten adquirir imágenes de alta resolución espacial y temporal, y tienen un gran potencial para el estudio de zonas inaccesibles. Las ventajas que ofrecen provienen de los adelantos tecnológicos en sistemas de sensores de captura, de navegación y de posicionamiento. Las mejoras en los softwares de procesamiento de imágenes y la integración con los conocimientos de fotogrametría, permitieron que puedan procesarse una gran cantidad de imágenes y que, también, puedan automatizarse las etapas.

El análisis del DEM generado a partir del UAV nos permite definir con mayor exactitud las zonas de investigación. De esta forma se pueden planificar con precisión futuros trabajos, como una excavación. Además, se pueden generar imágenes del lugar con mapas de alturas e integrarlos con las curvas de nivel.

REFERENCIAS

- Arriola Valverde, S., Ferencz Appel, Amit y Rimolo-Donadio, Renaro. 2018. Fotogrametría terrestre con sistemas aéreos autónomos no tripulados. *Investiga TEC*, 9-12.
- Fernández-Lozano, J., Gutiérrez-Alonso, G., Calabrés-Tomé, S., & García-Talegón, J. (2016). Drones: Nuevas aplicaciones geomáticas en el campo de las Ciencias de la Tierra. *Geo-Temas*. IX Congreso Geológico de España, 16(1), 725-728.
- Garrido-Villén, N. (18 de mayo de 2020). Obtenido de <https://nagarvil.webs.upv.es/>: <https://nagarvil.webs.upv.es/sistemas-gnss-introduccion/>
- López Jimeno, C. (2015). Los drones y sus aplicaciones en la ingeniería civil. Comunidad de Madrid. Consejería de Economía y Hacienda., 13-14.
- Ramírez Chávez, E. J., Cruz García, A., Lagunas Pérez, A. G., & Reyes Carreño, O. E. (2013). Uso de vehículos aéreos no tripulados para la caracterización del paisaje sumergido; Bahía Estacahuite. *Ciencia y mar*, 17(51), 35-40.
- Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., & Sarazzi, D. (2011). UAV PHOTOGRAMMETRY FOR MAPPING AND 3D MODELING – CURRENT STATUS AND FUTURE PERSPECTIVES –. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 25-31.
- Ruiz Sabina, J. Á., Gallego Valle, D., Peña Ruiz, C., Molero García, J. M., & Gómez Laguna, A. (2015). Fotogrametría aérea por dron en yacimientos con grandes estructuras. Propuesta metodológica y aplicación práctica en los castillos medievales del campo de Montiel. *Virtual Archaeology Review*, 6(13), 5-19.
- Turner, D., Lucieer, A., & Watson, C. (2012). An Automated Technique for Generating Georectified Mosaics from Ultra-High Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery Based on Structure from Motion (SfM) Point Clouds. *Remote Sensing*, 1392-1410. doi:10.3390/rs4051392
- Valverde, S. A., Appel, A. F., & Rimolo-Donadio, R. (enero de 2018). Fotogrametría terrestre con sistemas aéreos autónomos no tripulados. *Investiga TEC*, 9-12.

Sobre los autores

Guillermina S. Santecchia

Ingeniera Agrimensora. Graduada de la Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. Desde 2018 es alumna del doctorado en Ingeniería del departamento de Ingeniería de la UNS, en el cual trabaja con técnicas fotogramétricas y de teledetección. Profesora interina en las cátedras de Fotogrametría y Fotointerpretación y Teledetección de la UNS desde 2019. Ayudante de la cátedra de Topografía y Geodesia desde 2014 y Asistente de trabajos prácticos de la cátedra Cálculo de Compensación desde 2018.

Juan Manuel Span

Agrimensor. Graduado de la Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. Desde 2017 es ayudante de la cátedra de Topografía y Geodesia de la UNS. Realiza trabajos de topografía desde 2009 utilizando variado instrumental topográfico y realiza trabajo profesional independiente.

MAPS & CRAFTS



www.mapsandcrafts.com

info@mapsandcrafts.com

*Nuestra pasión es la Cartografía
y la artesanía hecha con ella*



La Tierra achatada por el ecuador, un modelo defendido por Benito Jerónimo Feijoo

MARIO RUIZ MORALES

Palabras clave: Magallanes, Elcano, circunnavegación, IGN, exposición.

Keywords: Magellan, Elcano, circumnavigation, IGN Spain, exhibition.

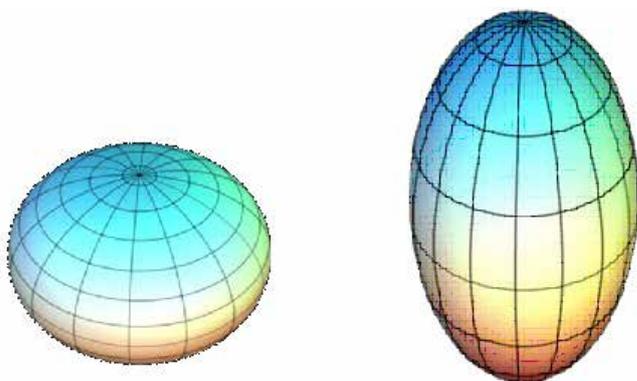
Cuando este monje benedictino publicó su *Teatro crítico universal, o Discursos varios en todo género de materias para desengaño de errores comunes* (1726-1739), sentó las bases necesarias para que años después pudiera ser considerado como el verdadero impulsor de la ilustración española. Su monumental obra vio la luz en un periodo convulsivo para las Ciencias de la Tierra, ya que estaba en todo su apogeo la mayor controversia científica que marcó el siglo XVIII: la existente entre los partidarios del elipsoide oblató frente a los que defendían el prolato, como modelo matemático para nuestro planeta.

Los partidarios del primero seguían los postulados defendidos por Newton y por Huyghens, apoyados no solo en sus consideraciones teóricas. En efecto, también lo hicieron basándose en los resultados obtenidos al haberse medido la intensidad de la gravedad en la isla francesa de Cayena y comprobar que su valor era mayor que el obtenido en París, con un péndulo similar. En cambio los partidarios del elipsoide prolato se apoyaban en los resultados de las mediciones efectuadas a lo largo del meridiano de Francia, que evidenciaban como el desarrollo de un grado de meridiano decrecía al aumentar la

latitud. Si a ello se une que Descartes no tardó en tomar partido por los segundos, el conflicto científico y geopolítico estaba servido.

Las mediciones de meridiano en Francia fueron protagonizadas por los Cassini, una dinastía de astrónomos relacionados con el Observatorio de París y con gran predicamento en aquel reino desde que Luis XIV llamase a su corte al gran Cassini I. La llamada se produjo a instancias del abate Jean Picard, uno de los socios fundadores de la Academia de Ciencias de París y el fundador de la geodesia moderna; a él se debió la primera determinación rigurosa del radio de la Tierra, asegurándose que su valor le sirvió a Newton para comprobar la bondad de su ley de gravitación universal. La contrapartida de la física a la geodesia la proporcionó él mismo, cuando aseguró que la Tierra en rotación tenía que presentar aplastamiento polar.

Dos modelos del elipsoide terrestre: oblató y prolato. En el primer caso se supone que las elipses meridianas tienen su eje mayor sobre el plano del ecuador, de modo que el menor es el que une los dos polos. En el segundo, el eje mayor de la elipse coincidiría con el eje del mundo. Amas elipses engendrarían los dos elipsoides al girar cada una alrededor de su eje mayor.



Dos modelos del elipsoide terrestre: oblató y prolato. En el primer caso se supone que las elipses meridianas tienen su eje mayor sobre el plano del ecuador, de modo que el menor es el que une los dos polos. En el segundo, el eje mayor de la elipse coincidiría con el eje del mundo. Amas elipses engendrarían los dos elipsoides al girar cada una alrededor de su eje mayor.

La ruptura del modelo esférico previo necesitaba verificarse sobre el terreno, de ahí que la Academia decidiera prolongar el meridiano en los dos sentidos, para ver como variaba el desarrollo del grado. El encargo recayó en Giovanni Domenico Cassini (Jean-Dominique Cassini, el primer director del Observatorio de París), aunque pronto delegara la tarea en su hijo Jacques Cassini. La prolongación del meridiano enlazó las ciudades de Dunkerque, al Norte, y de Perpignan, al Sur. Los resultados de tales trabajos los incluyó en el libro *De la Grandeur et de la Figure de la Terre* (Paris, 1723), comprobando que el desarrollo del grado de meridiano decrecía al aumentar la latitud. Fue entonces cuando se expresó con rotundidad en los siguientes términos: *Ainsi, il parait avec assez d'evidence que les degrés d'un Meridien sont plus grands, plus ils sont près de l'Equateur, & diminuent, au contraire, à mesure qu'ils s'approchent du Pole, d'où l'on peut conclure que la circonference de la Terre n'est pas de figure Spherique.*

Feijoo, que estaba al tanto de las mediciones que se estaban efectuando en Francia, no dudó en abrazar los resultados anteriores, y así quiso dejar constancia de los mismos en el tomo tercero de su *Teatro*, publicado por primera vez en el año 1729, y más concretamente en el séptimo discurso. El título elegido para el mismo fue el siguiente: *Paradojas Matemáticas*, dedicando a la cuestión que nos ocupa el epígrafe *Geografía §. VII La tierra no es de figura Esférica* (Puntos 46 al 56). Antes de entrar en materia, hizo una interesante aproximación a las primeras conjeturas sobre la forma de la Tierra, realizadas por los filósofos griegos; citando por ejemplo el modelo plano de Tales de Mileto, el de tambor, defendido por Leucipo, para terminar con el de Heráclito, quien lejos de suponerla convexa la «fingió cóncava a la manera de un barco». Llama la atención

que Feijoo no citara al gran Aristóteles cuando se refirió a que todos aquellos supuestos quedaron superados cuando se concluyó que la Tierra debería ser redonda, a tenor de la sombra de la misma proyectada sobre la Luna en el instante del eclipse. En el punto 48 ya se refiere a la implantación definitiva del modelo esférico que «estuvo en pacífica posesión por más de veinte siglos».

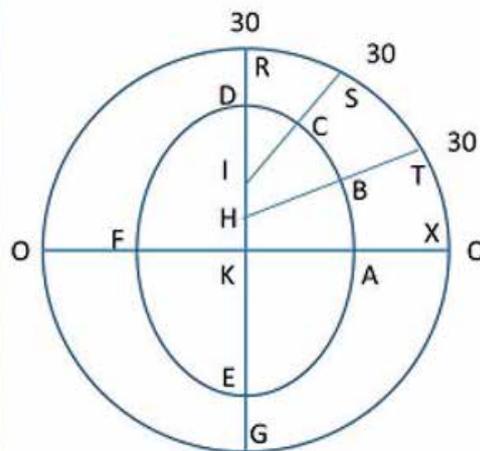
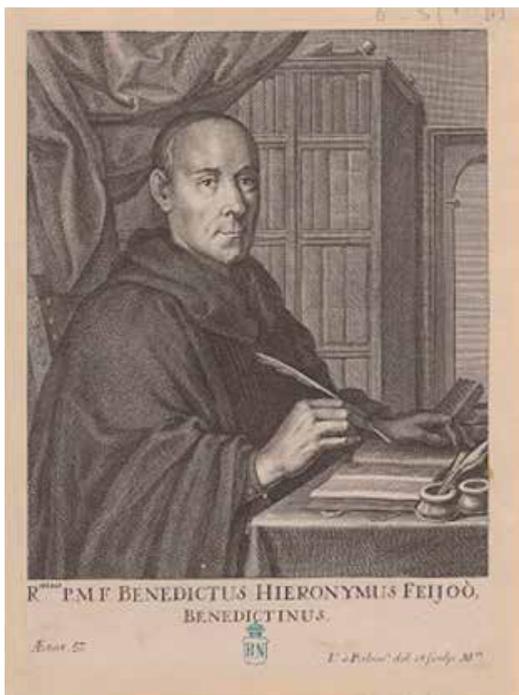
Conocida su forma se procedió de inmediato a tratar de hallar su tamaño, el método no podía ser más simple: hallar el desarrollo de un grado de meridiano y trasladarlo a los 360 que tiene la circunferencia terrestre. Recuerda Feijoo los supuestos intentos de Eratóstenes de Cirene, de Hiparco y de Posidonio. No hay constancia documental sobre la medida de la Tierra atribuida a Hiparco, aunque sería sorprendente que llegase a fijar la distancia de la Tierra a la Luna y al Sol, usando como unidad el radio de la primera, sin haberlo determinado antes. El relato no hace referencia alguna a las medidas atribuidas a los árabes y se refiere seguidamente a algunas de las medidas modernas, citando solamente las realizadas por Jean Fernel en Francia,

médico real, entre París y Amiens; la de Willebrord Snell van Royen (Snellius), profesor de matemáticas en la Universidad de Leyden, entre las ciudades holandesas de Alkmaar y Bergen op Zoom; la del astrónomo jesuita Giovanni Battista Riccioli en los alrededores de Bolonia, usando un novedoso método propuesto por Kepler. La última medida recogida por Feijoo, la atribuyó al «señor Picardo, de la Academia Real de las Ciencias», en clara alusión al abate francés Jean Picard.

A partir de ese momento es cuando Feijoo se pronuncia con rotundidad sobre la forma de la Tierra. Afirmando que las desavenencias evidentes entre los diferentes valores atribuidos a su radio, habían «hecho advertir que a proporción que las observaciones se habían hecho a menor distancia de la Equinoccial, daban mayor distancia a los grados del Meridiano, tomados en la superficie de la tierra; y menor a proporción de las observaciones hechas en mayor latitud, o distancia de la Equinoccial». En otras palabras: que el desarrollo de los grados aumentaba en las proximidades del ecuador y disminuía en la de los polos. Dado que

el desarrollo del arco es inversamente proporcional a la curvatura del mismo, la conclusión era obvia: el radio de la Tierra parecía ser menor en los polos que en el ecuador. En el punto 50 de su artículo se expresaba aún con más rotundidad, pues afirmaba que al no tratarse de una figura esférica los espacios abarcados por los grados sobre su superficie «solo pueden comprender espacios desiguales con la proporción explicada, siendo la tierra de figura Elíptica, u oval, en que degenera de la esférica, prolongándose algo hacia los Polos; de suerte que el diámetro de la tierra que se toma de Polo a Polo sea más largo que el que se toma entre dos puntos opuestos de la Equinoccial; en cuya suposición también es preciso que las líneas que determinan los grados en la superficie de la tierra, no se terminen en su centro, sino en varios puntos del eje, o diámetro que se toma de Polo a Polo».

Para fijar mejor los conceptos, Feijoo ilustró sus comentarios con una figura idéntica a la adjunta. Se trata de una sección meridional de la esfera celeste que envuelve al elipsoide terrestre. La línea OAFO representa por tanto a la equinoccial, R es el Polo norte celeste («el polo ártico tomado en el Cielo»), D es el polo norte («el polo ártico tomado en la Tierra»), G sería el polo sur celeste y E su homólogo terrestre; evidentemente DE sería «el diámetro mayor, o eje de la Tierra», en palabras de Feijoo. A continuación dividió el cuadrante celeste en tres arcos de 30°, y trazó sendas perpendiculares desde los puntos de la esfera al elipsoide, hallando sobre este a los siguientes: A, B, C y D. La conclusión del mismo fue obvia: «hallarás que la porción de los treinta grados que se toma hacia la Equinoccial desde B a A, es mayor que la que se toma



desde C a B, y ésta mayor que la que se toma desde D a C: hallarás también que las líneas perpendiculares que entre el Polo, y la Equinoccial se tiran desde el círculo a la Elipse, prolongadas, no paran en el centro, sino en varios puntos del eje». Feijoo cerró este apartado con una obviedad, al señalar que si la Tierra en lugar de elipsoidal fuese esférica, los espacios asociados a los 30º serían idénticos y las prolongaciones de las perpendiculares se cortarían en el centro de la Tierra (el punto K).

En el punto 53 intentó Feijoo explicar el *modus operandi* de las operaciones en que se pretendía medir grados de meridiano, aunque no lograra conseguirlo; por quedarse anclado en los procedimientos más remotos. Las medidas de la Tierra fueron operaciones matemáticas complejas, que tenían básicamente dos componentes bien diferenciadas, aunque fuesen complementarias. Una de ellas era eminentemente astronómica, pues se trataba de calcular las latitudes de los dos extremos del arco mediante observaciones estelares, de manera que la amplitud angular del arco medido sería el incremento de latitudes correspondiente. La complementaria era exclusivamente topográfica, en tanto que se pretendía determinar el desarrollo lineal del arco comprendido entre tales puntos; a partir de que lo hiciese Snellius, fue la triangulación el procedimiento elegido: proyectando los lados de los triángulos sobre el meridiano en cuestión. De hecho en la obra de Jacques Cassini se detallan las triangulaciones que realizó sobre el meridiano de Francia, sin que Feijoo llegase a referirlas en ningún momento.

No obstante ha de señalarse que si reconocía su dificultad a tenor de como inició el punto siguiente: «*Pero sin embargo de que el método en lo teórico es fácil, la práctica es trabajosa, y difícil, y pide una extrema exactitud, para que en las observaciones no haya alguna*

falencia. Por esta razón, aun después de notada la desigualdad de espacios terrestres, comprendidos de los diferentes grados del Meridiano, según las observaciones de antiguos, y modernos; los Matemáticos, que no son gente de tan fáciles creederas como los Filósofos, no asintieron a la figura Elíptica de la tierra; pareciéndoles que era menester proceder en esta materia con más atento, y severo examen». Para insistir a continuación en la bondad del elipsoide prolató: «... se halló que en los ocho grados de latitud que tiene la Francia, hay la proporción dicha de comprender mayor espacio de tierra, según son más Meridionales; y menor según son más Septentrionales. Estas observaciones, ejecutadas con la mayor exactitud por los más célebres Matemáticos⁽¹⁾ que entonces tenía la Francia, quitaron toda la duda; y abandonada la antigua sentencia de la redondez de la tierra, se dio la posesión a la nueva de la figura Elíptica».

Sorprende que Benito Feijoo no continuase interesado en esa cuestión, ya que la polémica científica se reavivó más a raíz de la medida y de las conclusiones de Cassini. Las controversias eran tan vivas que la Academia de Ciencias de París decidió intervenir para solucionar definitivamente el problema. Curiosamente decidió aceptar indirectamente la propuesta que había hecho Newton: medir dos arcos en latitudes muy dispares y comparar los desarrollos respectivos del grado. Efectivamente, en el año 1735 acordó subvencionar el proyecto que le presentó el astrónomo Louis Godin para medir grados de meridiano

(1) La nómina de matemáticos interesados en esta rama de las Ciencias de la Tierra es realmente extensa, sirva de ejemplo la selección siguiente. Newton (1689), Huygens (1690), Cassini (1701), Maupertuis (1732), Clairaut (1733), Euler (1740), Mac Laurin (1742), D'Alembert (1756), Lagrange (1759), Laplace (1772), Legendre (1784), Monge (1787), Poisson (1811), Gauss (1813), Cauchy (1815), Jacobi (1834), Stokes (1849), Dirichlet (1857), Dedekind (1860), Riemann (1860), Poincaré (1885), Darwin (1906), el hijo de Charles Darwin, Jeans (1917), Cartan (1924), Chandrasekhar (1960), y otros.

en el Ecuador. Poco tiempo después fue el geómetra Pierre Louis Moreau de Maupertuis el que propondría realizar una operación parecida en la zona polar, siendo también aceptada su proposición. De esa manera quedaría definitivamente resuelta la polémica ya que el radio de curvatura del meridiano elíptico sería mínimo en el primer caso y mucho mayor en el segundo (máximo en los polos). El ministro Maurepas fue el encargado de realizar las gestiones diplomáticas ante los gobiernos de España y Suecia para conseguir las autorizaciones pertinentes, y poder así realizar los trabajos en el virreinato de Perú y en el golfo de Botnia. El pronunciamiento formal de Maupertuis tuvo lugar el 13 de noviembre de 1737 ante la Academia reunida en sesión pública y solemne, añadiendo que sus medidas probaban con toda claridad que la Tierra estaba considerablemente achatada por los polos. Voltaire dijo entonces, con su habitual sarcasmo, que Maupertuis no solo había aplastado la Tierra sino que también había hecho lo propio con los Cassini.

Termino trayendo a colación una reflexión de Feijoo, especialmente interesante. Se refirió a la conveniencia de estudiar la simetría del elipsoide en el hemisferio sur y comprobar «si hacia el otro Polo se observa la misma desigualdad de grados que hacia el nuestro». Asimismo debo añadir que Feijoo debió comprender a tiempo que no estaba en lo cierto, así parece desprenderse de su alocución latina *adhuc sub iudice lis est*. Añadiendo después: «*Usamos en lo que dijimos entonces de las noticias que había con buena fe. Mas pues la Academia Real de las Ciencias, no teniendo por pruebas seguras de que la figura de la tierra sea una Elipse prolongada hacia los Polos, las observaciones hechas hasta el año de diez y siete, o de diez y ocho, ha continuado investigación más exquisita sobre el asunto: suspendamos el asenso hasta ver su última resolución*».

El Big Data y la Inteligencia Artificial: ¿Nos aportan un cambio a la educación?

Innumerables son los cambios legislativos que afectan a la educación en los últimos años, pero lo que sí está siendo revolucionario son los avances tecnológicos en materia educativa en este siglo XXI. Podríamos decir que se está reinventando la educación.

Tanto en el mundo de los negocios como en la política o la medicina el Big Data es la palabra de moda que escuchamos todos los días. Como bien sabemos se basa en la recolección de información, la pregunta es si estos datos masivos podemos utilizarlos en la educación y si el sistema educativo puede beneficiarse de los mismos.

Son muchas las **instituciones educativas en la actualidad que usan el Big Data para poder mejorar su sistema de enseñanza** y de esta forma conseguir que los alumnos logren mejores resultados. Por ejemplo, mediante el seguimiento del rastro que dejan los alumnos en las plataformas virtuales, se puede analizar en tiempo real el aprendizaje de estos, pudiendo establecer mejoras pedagógicas para lograr una mejor comprensión.

La **combinación del Big data y la Inteligencia Artificial** es un tema de actualidad dentro del mundo educativo y que está suponiendo un nuevo paradigma dentro de este sector. Dentro de este paradigma hay una serie de conceptos que destacan, como es el propio Big Data, que podríamos definirlo como el uso de herramientas tecnológicas para la recogida y tratamiento de datos masivos, también conocido con el término Educational Data Mining, y por otro lado tenemos, el concepto más innovador y ligado a las redes neuronales; Analítica de

Aprendizaje. Este sirve para analizar, interpretar y aprender de esos datos, mediante técnicas pedagógicas y algoritmos propios de la Minería de Datos, con la finalidad de obtener información para mejorar la práctica educativa, optimizando el rendimiento de alumnos, profesores, y así como el modelo educativo.

A continuación, podríamos enumerar algunas **ventajas que aportan estos sistemas al ámbito educativo:**

- 1. Aprendizaje adaptativo.** Es la punta de lanza y uno de los conceptos donde más se notan los beneficios de la utilización de estos sistemas combinados, Big Data e Inteligencia Artificial. Un nuevo método de enseñanza que, gracias a la recogida y análisis de datos, de cada alumno, en tiempo real, produce un aprendizaje personalizado que se va adaptando y modificando a las necesidades y progresos reales de cada alumno.
- 2. Personalización.** Muy relacionado con el punto anterior, el uso de estas técnicas permite implementar programas educativos personalizados para los diferentes niveles que tengan los alumnos y que estos avancen y adquieran las competencias definidas.
- 3. Nuevos métodos formativos.** El uso de estas técnicas

está propiciando la aparición de nuevos métodos de enseñanza, el aprendizaje adaptativo es el más relevante, pero existen otros muchos métodos como son:

- Gamificación.
- Aprendizaje basado en competencias.
- Aprendizaje combinado.
- Aprendizaje basado en servicios

- 4. Mayor eficiencia.** Se puede mejorar la eficiencia al optimizar los recursos formativos, teniendo en cuenta el empleo efectivo de los contenidos y herramientas de un curso o una asignatura. Se puede predecir qué problemas hay en una clase y aplicar acciones para corregirlos. También se puede predecir el abandono y desempeño de los alumnos en un curso o asignatura y poder actuar antes de que sea demasiado tarde.

Tenemos que saber que todo esfuerzo encaminado a mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en las aulas requiere de la recopilación de datos y la obtención de métricas que deben ser analizados adecuadamente para obtener un punto de partida y poder determinar mediante la validación y el aprendizaje si se han obtenido los resultados deseados. Por tanto, decidir **cuáles son los datos con**



los que va a trabajar un sistema, cómo se van a obtener y con qué fin, son preguntas fundamentales que nos debemos hacer cuando usemos este tipo de tecnologías en las aulas.

La **introducción en tiempos actuales de dispositivos** en las clases o ahora en este **aprendiza-**

je online que estamos inmersos, está facilitando a los docentes la obtención de un importante flujo de datos sumamente útil para poder valorar el rendimiento de cada alumno, que va mucho más allá de evaluar su desempeño, puesto que permite establecer patrones que permiten ajustar los contenidos

didácticos y los ejercicios para **satisfacer mejor las necesidades** de los estudiantes.

La aplicación de Big Data e Inteligencia Artificial nos está permitiendo recopilar una gran cantidad de información y analizarla en un periodo de tiempo muy breve. Podríamos poner el ejemplo de

analizar el rendimiento de varios alumnos a la vez, ante una determinada actividad usando patrones como:

- Interés
- Motivación
- Concentración
- Estrés
- Destreza

Medir alguna de estas reacciones en tiempo real, es una tarea complicada para un docente, ya que requiere de la observación personalizada o de la aplicación de cuestionarios donde es difícil ser objetivo, **pero actualmente pueden emplearse modelos de aprendizaje automático (Machine Learning)** que usando los datos que se recopilan en tiempo real nos pueden dar una predicción bastante aproximada de estos parámetros que necesitamos.

El Big Data o la Inteligencia Artificial se encuentran en una capa por encima del docente. Realmente se aplican una serie de herramientas para obtener esos resultados que mejorarán el aprendizaje y la experiencia del alumno, pero **¿hay otras formas de utilizar la Inteligencia Artificial de forma más frecuente en las aulas?**

Debemos decir que **actualmente la Inteligencia Artificial no es un recurso frecuente en las aulas**, pero creo que podemos usar esta tecnología para descenderla de una manera más cercana a los alumnos y profesores. Usar la Inteligencia Artificial para que nos ayude en nuestro trabajo en aula de una manera metodológica y con el desarrollo de actividades, donde sea la **herramienta para mejorar y motivar** ese trabajo que hacemos en la clase.

Por lo tanto, si respondemos a esta pregunta, la **Inteligencia Artificial debería convertirse en un recurso transversal**, por el

cual puedas usarlo en cualquier asignatura dentro de un aula. Esta tecnología nos puede dar una nueva perspectiva sobre el contenido o el material que usamos en clase. El poder estudiar las emociones de los cuadros usando el reconocimiento facial en una clase de arte, el poder hacer una predicción sobre la expresión de un poema usando el lenguaje natural de las máquinas o realizar predicciones históricas que pudieran haber pasado cambiando ciertos acontecimientos, son cosas donde la imaginación del docente y las matemáticas de la Inteligencia Artificial se unen para dar **experiencias y actividades realmente diferentes**.

Desde el punto de vista del docente, la Inteligencia Artificial se tiene que ver o tenemos que intentar mostrarla como **un recurso más de aula**, esta tecnología no viene a sustituir nada en el aula, si no a complementar y sumar lo que ya estamos haciendo. Esa debe ser la visión del profesor ante esta tecnología.

Seguramente después de escribir estas últimas líneas nos asalta la **pregunta de si nos terminará desplazando esa Inteligencia Artificial de nuestra aula**. Es una pregunta complicada de contestar, pero lo que es cierto es que hay muchos argumentos donde podemos asegurar que la Inteligencia Artificial no puede llegar y que la profesión de docente no aparezca en las listas de profesiones que podrían ser sustituidas por robots, habla muy positivamente que **esta tecnología necesita al profesor en el aula para trabajar de forma conjunta**.

La Inteligencia Artificial puede ser constantes e incansable en sus procedimientos, pueden personalizar el aprendizaje casi de forma milimétrica entre muchos estu-

diantes, su índice de error en las repuestas cada vez es menor, pero la educación no es solo esto, no son solo números, calificaciones o repuestas, hay unas **habilidades humanas que hoy por hoy la Inteligencia Artificial no puede abordar**.

Si nos vamos al **campo de la neuroeducación** podemos confirmar que el **ingrediente emocional es fundamental** tanto para el que enseña como para el que aprende. Los seres humanos no somos seres racionales a secas, sino más bien, primero emocionales y luego racionales, además de sociales. A nuestros alumnos les gusta aprender en grupo y les gusta aprender de otras personas. La Inteligencia Artificial nunca podrá emparejar a los humanos de esta manera. Factores irremplazables como por ejemplo la capacidad de inspirar son difíciles de conseguir con esta tecnología.

Para finalizar, me gustaría dejar unas líneas de reflexión y conclusión donde podríamos preguntarnos **qué hace falta para que este tipo de tecnología se interiorice más en las aulas**. En mi opinión, debemos tener claro que para que la Inteligencia Artificial pueda entrar en un aula de manera más educativa, debe **hacerlo con una actividad o camino de aprendizaje marcado por el profesor**, a partir de aquí se le podrá sacar todo el partido a este tipo de tecnología, pero **no debemos caer en el error de mostrar la tecnología como tal**, si no usarla como herramienta de aprendizaje. Qué queremos enseñar y en qué nos puede ayudar la Inteligencia Artificial en este objetivo.

Jorge Calvo Martín
Asesor – Formador EdTech. ICT
Head Colegio Europeo de Madrid

El Colegio Europeo de Madrid diseña una app para hablar en lenguaje de signos en tiempos de mascarillas

Con esta iniciativa, la Inteligencia Artificial se convierte en herramienta para educar en valores.

Gracias a esta app, los alumnos del CEM podrán comunicarse con las personas sordomudas que, con el uso de las mascarillas, encuentran la dificultad de no poder leer los labios.



Madrid, octubre de 2020.- El **Colegio Europeo de Madrid**, centro bilingüe privado de 0 a 18 años referente en innovación y tecnología en el aula, vuelve a demostrar cómo la **tecnología** juega un papel fundamental en su modelo educativo. Esta vez, el centro ha diseñado una **app basada en el reconocimiento de gestos que permite que los niños se puedan comunicar con aquellas personas sordomudas que, con el uso de la mascarilla, no pueden leer los labios.**

Jorge Calvo, Profesor Edtech e ICT Head del **Colegio Europeo de Madrid**, es el docente que se encuentra tras esta brillante y comprometida iniciativa. Para plantearla ante sus alumnos, el profesor contextualiza esta actividad en el marco de la comunica-

ción con el objetivo de que los niños entiendan la **importancia que tiene el poder comunicarnos con otras personas** y, de este modo, escuchar y ser escuchados. Para ello, en el aula el profesor muestra un vídeo sin sonido a sus alumnos donde aparece con la mascarilla puesta. Ante la situación, los estudiantes de 4º y 5º de primaria entienden que son incapaces de entender lo que el profesor les explica a través de la pantalla e, inmediatamente, comprenden la **dificultad a la que se enfrentan las personas sordomudas en la situación actual.**

Ante esta dificultad, la necesidad de buscar alternativas a la comunicación con quienes sufren esta discapacidad es, sin duda, el lenguaje de signos. Por ello, una

vez más de la mano de la tecnología, Jorge Calvo ha creado una app en la que, mediante una **programación en Inteligencia Artificial**, una computadora es capaz de reconocer, en tiempo real, la letra correspondiente en el lenguaje de signos.

Con este proyecto, además de demostrar que **la tecnología y los recursos digitales son una herramienta ya imprescindible para mejorar el aprendizaje dentro del entorno educativo**, los alumnos han entendido que la misma puede ayudarnos también a mejorar o solucionar situaciones de la vida real. Además, desde el centro, se ha conseguido **trabajar valores de responsabilidad social como la solidaridad o la empatía**, que tan importantes son dentro de su modelo educativo.

Tras innovadoras iniciativas como **European Valley, la inclusión del robot en el aula, una app para conocer las emociones o la creación de una mano biónica con impresoras 3D**, el Colegio Europeo de Madrid, que pertenece al grupo educativo internacional Cognita, vuelve a demostrar **la importancia que, actualmente, tiene la tecnología dentro de la educación.** Cabe destacar, además, que todos estos proyectos siguen posicionando al **CEM como todo un referente en cuando a innovación académica.**

«La motivación y el aprendizaje que tuvieron los alumnos fue altísimo, viendo una vez más como la tecnología, bien introducida en el aula y contextualizada en un objetivo real, puede generar grandes beneficios educativos», **afirma Jorge Calvo**. «Probablemente esta actividad la hubiéramos podido realizar usando simplemente papel y lápices, pero el objetivo de introducir este tipo de recursos es que nos acerque más al mundo digital al que ellos se enfrentarán en su futuro personal y profesional», **añade**.

NOTA AL EDITOR:

Sobre el COLEGIO EUROPEO DE MADRID

El Colegio Europeo de Madrid es un centro privado pionero que continúa el proyecto educativo iniciado en la Escuela Infantil Europea BEBIN fundado en el año 1991, donde se comenzó a trabajar siguiendo el programa educativo basado en la estimulación temprana de Glenn Doman. Desde el curso 2018-2019 pasa a formar parte del grupo Cognita Schools.

En 1992 se crea este innovador proyecto, que continúa vigente, con el apoyo de un grupo de profesionales liderado por la psicóloga educativa Emma Pérez Madorrán, Directora de la Escuela Infantil Europea BEBIN.

Tras el éxito de la escuela y el apoyo de muchos padres de alumnos, en 1998 se inaugura el Colegio Europeo de Madrid con el objetivo de dar continuidad al innovador proyecto desarrollado en la Escuela Infantil Europea BEBIN. De esta forma, los alumnos siguen enriqueciéndose de esta enseñanza que les permite desarrollar al máximo sus habilidades y talentos hasta su acceso a la Universidad.

El horario lectivo del colegio

(Carretera de la Coruña Km.19, Las Rozas) es de 9 a 17h. (1º de Primaria a 4º de ESO) y de 9 a 15h para alumnos de Bachillerato, con posibilidad de ampliación voluntaria y gratuita hasta las 17:00. Además, el CEM se adapta a las necesidades de alumnos de alto rendimiento.

Web / Facebook / Twitter / Instagram / Youtube / LinkedIn

Sobre Cognita

Creada en 2004, Cognita es una familia extraordinaria de colegios diferentes pero conectados entre sí con presencia en diez países. Cognita comparte un objetivo común: crear un mundo inspirador de educación que fomente la autoconfianza y capacite a las personas para tener éxito. Con 78 colegios en Europa, Sudamérica y Asia, Cognita emplea a 7.500 docentes y personal de apoyo para el cuidado y la educación de más de 50.000 alumnos. En conjunto, los colegios Cognita proporcionan una educación global única que va más allá de los resultados académicos para desarrollar una excelencia académica integral, dotando a los jóvenes de la confianza y las habilidades que les permiten crecer, prosperar y encontrar el éxito en un mundo en constante cambio.

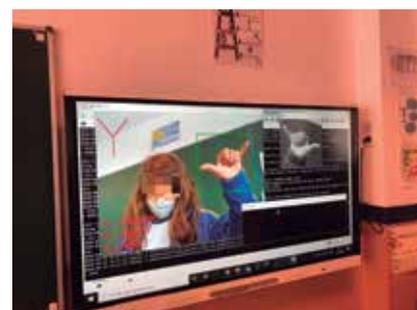
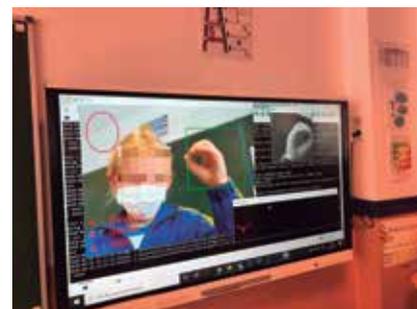
Son ocho los colegios que forman parte del grupo Cognita en España, considerados entre los mejores colegios internacionales del país. The British School of Barcelona, Hastings School, The English Montessori School (TEMS), el Colegio Europeo de Madrid (CEM) y Mirasur International School en Madrid, El Limonar International School Murcia, El Limonar International School Villamartín en Alicante, y British School of Valencia (BSV) imparten hasta 3 currículos distintos: el británico, el español y el Bachillerato Internacional (IB).

www.cognita.com

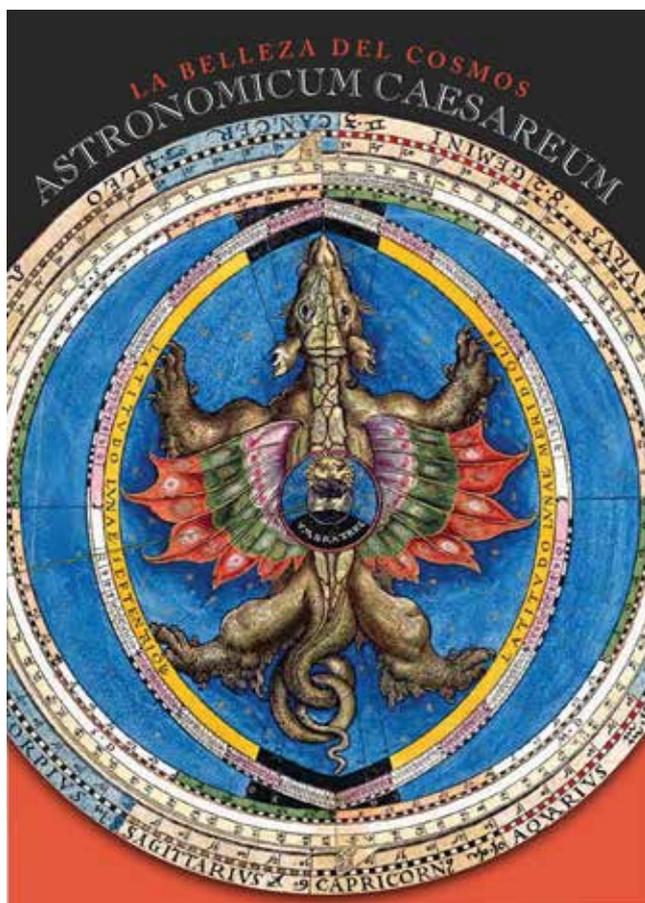
Para más información:
Gabinete de prensa
nBoca comunicación con imagen
www.nboca.es

Lorena González
Directora de Cuentas
lorena.gonzalez@nboca.es
Tlf: 91386 65 63
M: 659 465 597

Lorena Córcoles
Ejecutiva de Cuentas
lorena.corcoles@nboca.es
Tlf: 91386 65 63
M: 659 465 597



La belleza del Cosmos: Astronomicum Caesareum



La Biblioteca Nacional de España expone una de las grandes joyas que conserva entre sus fondos, el «Astronomicum Caesareum». Obra de Petrus Apianus, publicada en 1540 y dedicada al emperador Carlos V. Está considerada una obra maestra de la imprenta y una verdadera obra de arte por el cuidado de su impresión y el valor de sus ilustraciones, siendo el trabajo astronómico más importante antes de la edición de la obra de Nicolás Copérnico «De Revolutionibus orbium coelestium» (1543).

Está valorado como el libro impreso más espectacular del siglo XVI.

Astronomicum Caesareum resume el conocimiento de Apiano sobre astronomía e instrumentos astronómicos, revelándonos al mismo tiempo un compendio de las ideas sobre astronomía a comienzos del siglo XVI.

Este magnífico libro, explica el uso del astrolabio y otros instrumentos utilizados para calcular la posición de los planetas. Para ello el autor recurrió al diseño de discos móviles de papel y coloreados a mano, que crean impresionantes ilustraciones simulando verdaderos astrolabios, siendo el aspecto más llamativo de la obra.

Con esta pequeña exposición, tan sencilla de explicar y tan difícil de entender, vamos a conocer cómo ha evolucionado la representación del Universo y las leyes que lo rigen, vamos a realizar un viaje a las estrellas. Un viaje que nos permitirá profundizar en una época muy interesante de la historia de la ciencia, mostrar muchos aspectos ocultos y así descubrir cómo se fusionan la ciencia y el arte para crear uno de los libros impresos más hermosos de la historia.

La exposición, pequeña en espacio, pero grande en con-



tenido, está distribuida en dos áreas: en la antesala del Salón de Lectura y a lo largo del vestíbulo y escalinata de la Biblioteca Nacional de España.

La primera parte situada en la antesala del Salón de Lectura María Moliner está estructurada en torno a la obra principal *Astronomicum Caesareum*, de esta manera conoceremos el contexto en el que se desenvuelve la obra principal dando a conocer otras obras de Apiano que, aunque menos espectaculares estéticamente, reflejan el pensamiento y las aportaciones de un gran astrónomo y el conocimiento que sobre el Cosmos se tenía en el siglo XVI.

Un momento histórico en el que se inicia la llamada «Revolución científica» y que, a lo largo de dos siglos, originó grandes cambios, entre otros, la modificación de la superficie terrestre y la nueva visión del Universo contribuyendo directamente a la transformación del pensamiento, dominado, hasta ese momento, por las leyes divinas. Se desafió a Dios y a la Iglesia.

Presentar el Universo implica mencionar a algunos de los grandes astrónomos de la historia, como Copérnico, Kepler, Galileo o Newton, mostrar los libros que recogen sus ideas, que transformaron la forma de entender el





mundo estableciendo las bases de la ciencia moderna y de nuestro progreso. Investigaciones que rompieron con las estructuras sólidas que habían permanecido inalterables durante muchos siglos, como considerar la Tierra el centro del Universo. Junto a ellos encontramos el nombre de una astrónoma del siglo XVI, María Cunitz, ensalzada como la mujer más erudita en astronomía desde Hipatia de Alejandría, y autora de un libro Urania propitia que supuso la simplificación de las conocidas Tablas rudolfinas de Kepler proporcionando nuevos datos, corrigiendo errores y ofreciendo una solución más elegante al problema de Kepler sobre el movimiento planetario.

El visitante se sentirá, una vez más, el centro del Universo, pero las obras que le rodean le harán volver a la realidad, el hombre es un punto en el infinito nada más. Las siguientes vitrinas muestran una serie de obras en las que se enseña cómo ha evolucionado la representación de los cuerpos celestes, pasando de ser Dioses con verdaderos poderes a ser pequeñas luces brillantes en el cielo, las estrellas. Estrellas y planetas que, provistos de una energía interior y una fuerza exterior, nos explican quién manda en el Universo.

La segunda parte de la exposición discurre a lo largo de un recorrido que se inicia en la entrada y escalinata interior de la Biblioteca Nacional de España donde, a través de una serie de paneles, se pueden contemplar algunos de los discos móviles incluidos en el libro de



Apiano, Astronomicum Caesareum. Espectaculares en forma y contenido, una belleza visual, que se construye sobre el complejo mundo de las matemáticas.

Comisaria: Carmen García Calatayud.

Información práctica

Del 9 de septiembre al 9 de enero de 2021

De lunes a viernes, de 09:30 a 20:00 h.

Sábados, de 9:30 a 14:00 h

Domingos y festivos cerrado

Entrada gratuita.

Aforo limitado, máximo: 8 personas.

Entrada libre hasta completar aforo. Se recomienda inscripción previa para visitas individuales.

No se permite la visita de grupos con guía propio. No hay visitas guiadas organizadas por la BNE.

Los pases son cada 15 minutos, tiempo máximo de duración de la visita.

Último pase media hora antes del cierre.

1. Información general

MAPPING es una revista técnico-científica que tiene como objetivo la difusión y enseñanza de la Geomática aplicada a las Ciencias de la Tierra. Ello significa que su contenido debe tener como tema principal la Geomática, entendida como el conjunto de ciencias donde se integran los medios para la captura, tratamiento, análisis, interpretación, difusión y almacenamiento de información geográfica, y su utilización en el resto de Ciencias de la Tierra. Los trabajos deben tratar exclusivamente sobre asuntos relacionados con el objetivo y cobertura de la revista.

Los trabajos deben ser originales e inéditos y no deben estar siendo considerados en otra revista o haber sido publicados con anterioridad. MAPPING recibe artículos en español y en inglés. Independientemente del idioma, todos los artículos deben contener el título, resumen y palabras claves en español e inglés.

Todos los trabajos seleccionados serán revisados por los miembros del Consejo de Redacción mediante el proceso de «Revisión por pares doble ciego».

Los trabajos se publicarán en la revista en formato papel (ISSN: 1131-9100) y en formato electrónico (eISSN: 2340-6542).

Los autores son los únicos responsables sobre las opiniones y afirmaciones expresadas en los trabajos publicados.

2. Tipos de trabajos

- **Artículos de investigación.** Artículo original de investigaciones teóricas o experimentales. La extensión no podrá ser superior a 8000 palabras incluyendo resumen, tablas y figuras, con un máximo de 40 referencias bibliográficas. Cada tabla o figura será equivalente a 100 palabras. Tendrá la siguiente estructura: título, resumen, palabras clave, texto (introducción, material y método, resultados, discusión y conclusiones), agradecimientos y bibliografía.
- **Artículos de revisión.** Artículo detallado donde se describe y recopila los desarrollos más recientes o trabajos publicados sobre un determinado tema. La extensión no podrá superar las 5000 palabras, incluyendo resumen, tablas y figuras, con un máximo de 25 referencias bibliográficas.
- **Informe técnico.** Informe sobre proyectos, procesos, productos, desarrollos o herramientas que no supongan investigación propia, pero que sí muestren datos técnicos interesantes y relevantes. La extensión máxima será de 3000 palabras.

3. Formato del artículo

El formato del artículo se debe ceñir a las normas expuestas a continuación. Se recomienda el uso de

la plantilla «Plantilla Texto» y «Recomendaciones de estilo». Ambos documentos se pueden descargar en la web de la revista.

- A. Título.** El título de los trabajos debe escribirse en castellano e inglés y debe ser explícito y preciso, reflejando sin lugar a equívocos su contenido. Si es necesario se puede añadir un subtítulo separado por un punto. Evitar el uso de fórmulas, abreviaturas o acrónimos.
- B. Datos de contacto.** Se debe incluir el nombre y 2 apellidos, la dirección, el correo electrónico, el organismo o centro de trabajo. Para una comunicación fluida entre la dirección de la revista y las personas responsables de los trabajos se debe indicar la dirección completa y número de teléfono de la persona de contacto.
- C. Resumen.** El resumen debe ser en castellano e inglés con una extensión máxima de 200 palabras. Se debe describir de forma concisa los objetivos de la investigación, la metodología empleada, los resultados más destacados y las principales conclusiones.
- D. Palabras clave.** Se deben incluir de 5-10 palabras clave en castellano e inglés que identifiquen el contenido del trabajo para su inclusión en índices y bases de datos nacionales e internacionales. Se debe evitar términos demasiado generales que no permitan limitar adecuadamente la búsqueda.
- E. Texto del artículo de investigación.** La redacción debe ser clara y concisa con la extensión máxima indicada en el apartado «Tipos de trabajo». Todas las siglas citadas deben ser aclaradas en su significado. Para la numeración de los apartados y subapartados del artículo se deben utilizar cifras arábigas (1. Título apartado; 1.1. Título apartado; 1.1.1. Título apartado). La utilización de unidades de medida debe seguir la normativa del Sistema Internacional.

El contenido de los **artículos de investigación** puede dividirse en los siguientes apartados:

- **Introducción:** informa del propósito del trabajo, la importancia de éste y el conocimiento actual del tema, citando las contribuciones más relevantes en la materia. No se debe incluir datos o conclusiones del trabajo.
- **Material y método:** explica cómo se llevó a cabo la investigación, qué material se empleó, qué criterios se utilizaron para elegir el objeto del estudio y qué pasos se siguieron. Se debe describir la metodología empleada, la instrumentación y sistemática, tamaño de la muestra, métodos estadísticos y su justificación. Debe presentarse de la forma más conveniente para que el lector comprenda el desarrollo de la investigación.
- **Resultados:** pueden exponerse mediante texto, tablas

y figuras de forma breve y clara y una sola vez. Se debe resaltar las observaciones más importantes. Los resultados se deben expresar sin emitir juicios de valor ni sacar conclusiones.

- **Discusión:** en este apartado se compara el estudio realizado con otros que se hayan llevado a cabo sobre el tema, siempre y cuando sean comparables. No se debe repetir con detalle los datos o materiales ya comentados en otros apartados. Se pueden incluir recomendaciones y sugerencias para investigaciones futuras.

En algunas ocasiones se realiza un único apartado de resultados y discusión en el que al mismo tiempo que se presentan los resultados se va discutiendo, comentando o comparando con otros estudios.

- **Conclusiones:** puede realizarse una numeración de las conclusiones o una recapitulación breve del contenido del artículo, con las contribuciones más importantes y posibles aplicaciones. No se trata de aportar nuevas ideas que no aparecen en apartados anteriores, sino recopilar lo indicado en los apartados de resultados y discusión.
- **Agradecimientos:** se recomienda a los autores indicar de forma explícita la fuente de financiación de la investigación. También se debe agradecer la colaboración de personas que hayan contribuido de forma sustancial al estudio, pero que no lleguen a tener la calificación de autor.
- **Bibliografía:** debe reducirse a la indispensable que tenga relación directa con el trabajo y que sean recientes, preferentemente que no sean superiores a 10 años, salvo que tengan una relevancia histórica o que ese trabajo o el autor del mismo sean un referente en ese campo. Deben evitarse los comentarios extensos sobre las referencias mencionadas.
Para citar fuentes bibliográficas en el texto y para elaborar la lista de referencias se debe utilizar el formato APA (*American Psychological Association*). Se debe indicar el DOI (*Digital Object Identifier*) de cada referencia si lo tuviera. Utilizar como modelo el documento «**Como citar bibliografía**» incluido en la web de la revista. La exactitud de las referencias bibliográficas es responsabilidad del autor.
- **Curriculum:** se debe incluir un breve Currículum de cada uno de los autores lo más relacionado con el artículo presentado y con una extensión máxima de 200 palabras.

En los **artículos de revisión e informes técnicos** se debe incluir título, datos de contacto, resumen y palabras claves, quedando el resto de apartados a consideración de los autores.

F. Tablas, figuras y fotografías. Se deben incluir solo tablas y figuras que sean realmente útiles, claras y representativas. Se deben numerar correlativamente según la cita en el texto. Cada figura debe tener su pie explicativo, indicándose el lugar aproximado de colocación de las mismas. Las tablas y figuras se deben enviar en archivos aparte, a ser posible en fichero comprimido. Las fotografías deben enviarse en formato JPEG o TIFF, las gráficas en EPS o PDF y las tablas en Word, Excel u Open Office. Las fotografías y figuras deben ser diseñadas con una resolución mínima de 300 pixel por pulgada (ppp).

G. Fórmulas y expresiones matemáticas. Debe perseguirse la máxima claridad de escritura, procurando emplear las formas más reducidas o que ocupen menos espacio. En el texto se deben numerar entre corchetes. Utilizar editores de fórmulas o incluirlas como imagen.

4. Envío

Los trabajos originales se deben remitir preferentemente a través de la página web <http://www.revistamapping.com> en el apartado «**Envío de artículos**», o mediante correo electrónico a info@revistamapping.com. El formato de los archivos puede ser Microsoft Word u Open Office y las figuras vendrán numeradas en un archivo comprimido aparte.

Se debe enviar además una copia en formato PDF con las figuras, tablas y fórmulas insertadas en el lugar más idóneo.

5. Proceso editorial y aceptación

Los artículos recibidos serán sometidos al Consejo de Redacción mediante «**Revisión por pares doble ciego**» y siguiendo el protocolo establecido en el documento «**Modelo de revisión de evaluadores**» que se puede consultar en la web.

El resultado de la evaluación será comunicado a los autores manteniendo el anonimato del revisor. Los trabajos que sean revisados y considerados para su publicación previa modificación, deben ser devueltos en un plazo de 30 días naturales, tanto si se solicitan correcciones menores como mayores.

La dirección de la revista se reserva el derecho de aceptar o rechazar los artículos para su publicación, así como el introducir modificaciones de estilo comprometiéndose a respetar el contenido original.

Se entregará a todos los autores, dentro del territorio nacional, la revista en formato PDF mediante enlace descargable y 1 ejemplar en formato papel. A los autores de fuera de España se les enviará la revista completa en formato electrónico mediante enlace descargable.

Suscripción a la revista MAPPING

Subscriptions and orders

Datos del suscriptor / Customer details:

Nombre y Apellidos / Name and Surname: _____
Razón Social / Company or Institution name: _____ NIF-CIF / VAT Number: _____
Dirección / Street address: _____ CP / Postal Code: _____
Localidad / Town, City: _____ Provincia / Province: _____
País - Estado / Country - State: _____ Teléfono / Phone: _____
Móvil / Mobile: _____ Fax / Fax: _____
e-mail: _____ Fecha / Order date: ____/____/____

PAPEL

SUSCRIPCIÓN ANUAL / SUBSCRIPTION:

- España / Spain : 60€
- Europa / Europe: 90€
- Resto de Países / International: 120€

Precios de suscripción por año completo 2020 (6 números por año) *Prices year 2020 (6 issues per year)*

NÚMEROS SUELTOS / SEPARATE ISSUES:

- España / Spain : 15€
- Europa / Europe: 22€
- Resto de Países / International: 35€

Los anteriores precios incluyen el IVA. Solamente para España y países de la UE *The above prices include TAX Only Spain and EU countries*

DIGITAL

SUSCRIPCIÓN ANUAL / ANNUAL SUBSCRIPTION:

- Internacional / International : 25€

Precios de suscripción por año completo 2020 (6 números por año) en formato DIGITAL y enviado por correo electrónico / *Prices year 2020 (6 issues per year)*

NÚMEROS SUELTOS / SEPARATE ISSUES:

- Internacional / International : 8€

Los anteriores precios incluyen el IVA. Solamente para España y países de la UE *The above prices include TAX Only Spain and EU countries*

Forma de pago / Payment:

Transferencia a favor de eGeoMapping S.L. al número de cuenta CAIXABANK, S.A.:

2100-1578-31-0200249757

Bank transfer in favor of eGeoMapping S.L., with CAIXABANK, S.A.:

IBAN nº: ES83-2100-1578-3102-0024-9757 (SWIFT CODE: CAIXAESBXXX)

Distribución y venta / Distribution and sale:

Departamento de Publicaciones de eGeoMapping S.L.

C/ Arrastaria 21. 28022-Madrid

Tels: (+34) 91 006 72 23; (+34) 655 95 98 69

e-mail: info@revistamapping.com

www.revistamapping.com

Firma _____

CONTIGO TODO EL CAMINO



PLANIFICACIÓN > PROSPECCIÓN > DISEÑO > ORGANIZACIÓN > EJECUCIÓN > INSPECCIÓN

Sea cual sea el tipo de proyecto, el tamaño de su empresa o la aplicación específica, ponemos a su disposición una amplia gama de soluciones de medición y posicionamiento de precisión para satisfacer sus necesidades.

Descubra lo que otros profesionales como usted están logrando con la tecnología de Topcon.

topconpositioning.com/es-es/insights

MINISTERIO DE TRANSPORTE, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

cartografía digital

www.ign.es



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL



Oficina central y comercialización:
General Ibáñez de Ibero, 3 • 28003 MADRID
Teléfono: +34 91 597 94 15 • Fax: +34 91 553 29 13
e-mail: consulta@cniq.es

CENTRO DE DESCARGAS DE DATOS

<http://centrodedescargas.cniq.es/CentroDescargas/index.jsp>

BASE CARTOGRÁFICA NUMÉRICA (BCN 1000, 50, 200, 25),

MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL (MTN50,25),

MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT1000, 200, 25),

LÍNEAS LÍMITE, BASE DE DATOS DE POBLACIÓN, MAPA DE USOS DEL SUELO,

ATLAS NACIONAL DE ESPAÑA, CARTOGRAFÍA TEMÁTICA.



Instituto Geográfico
Nacional 1870 · 2020