

MAPPING

VOL. 25 • Nº 178 • JULIO-AGOSTO 2016 • ISSN: 1131-9100

EL NUEVO ESTÁNDAR:
"ASPRS Positional Accuracy Standards
for Digital Geospatial Data"

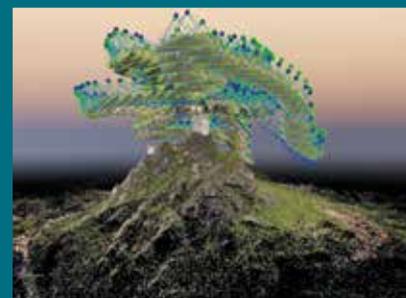
IMÁGENES LANDSAT 8:
nuevas fronteras en las
necesidades de cartografía para
proyectos de ingeniería civil

**INTEGRACIÓN DE DATOS
CARTOGRÁFICOS**
de diferentes fuentes y precisión para
construcción de Modelo Digital del
Terreno (MDT)

PORTAL «GEOMÁTICO - EDUCATIVO Y DE NEGOCIOS»
para la integración del RFID y el GPS mediante un Sistema de
Información Geográfica (SIG)

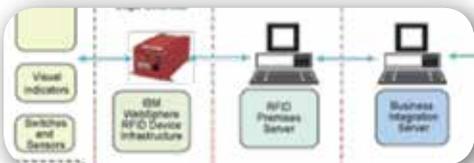
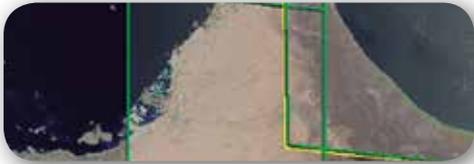
**LA INSCRIPCIÓN DE LA REPRESENTACIÓN GEOGRÁFICA
GEORREFERENCIADA**
de una finca en el Registro de la Propiedad tras la Ley 13/2015

USO DE DRONES PARA LA DOCUMENTACIÓN 3D
del patrimonio arquitectónico integrado
en el proyecto Geoparque Las Loras
(Burgos-Palencia): el Castillo Medieval de Úrbel



Sumario

$$(Lidar) = \sqrt{(RMSE)}$$



Pág. 04

El nuevo estándar: "ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data". *The new standard: "ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data"*.

Francisco Javier Ariza López

Pág. 12

Imágenes Landsat 8: nuevas fronteras en las necesidades de cartografía para proyectos de ingeniería civil. *Landsat 8 images: new frontiers on mapping needs in civil engineering projects.*

Mercedes Farjas Abadía, José Antonio Domínguez Gómez, Alejandro Picazo Huerta, Carlos Pérez Jimeno

Pág. 24

Integración de datos cartográficos de diferentes fuentes y precisión para construcción de Modelo Digital del Terreno (MDT). *Cartographic data integration and accuracy of different sources for construction of digital terrain model (DTM).*

Divaldo Domingos da Silva, Rodolfo Ríos Hernández

Pág. 30

Portal «Geomático - Educativo y de Negocios» para la integración del RFID y el GPS mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG).

"Geomatics - Educational and Business" gate for the RFID and GPS integration by a Geography Information System (GIS).

Luis Joyanes Aguilar, Lillyana Girardo Marín, Ruben Javier Medina

Pág. 42

La inscripción de la representación geográfica georreferenciada de una finca en el Registro de la Propiedad tras la Ley 13/2015. *The inscription on geo-referenced geographical representation of an estate in the Land Registry, after 13/2015 Law.*

Pedro Fandos Pons

Pág. 52

Uso de drones para la documentación 3D del patrimonio arquitectónico integrado en el proyecto Geoparque Las Loras (Burgos-Palencia): el Castillo Medieval de Úrbel.

Implementation of UAV-technology for the 3D documentation of architectural heritage integrated within Las Loras Geopark project (Burgos-Palencia): the Middle Age Úrbel Castle.

Javier Fernández Lozano, Gabriel Gutiérrez Alonso, Asociación Argeol (Karmah Salman Monte, Jose Ángel Sánchez Fabian, Fernando G. García)

Pág. 60

Mundo Blog

Pág. 62

Mundo Tecnológico

Pág. 64

Noticias

Pág. 68

Agenda

El conocimiento de hoy es la base del mañana

MAPPING es una publicación técnico-científica con 25 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 25 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.25 Nº178 JULIO-AGOSTO 2016 ISSN 1131-9100

DISTRIBUCIÓN, SUSCRIPCIÓN Y VENTA

eGeoMapping S.L.
C/ Linneo 37. 1ºB. Escalera Central
28005. Madrid. España
Teléfono: 910067223
info@mappinginteractivo.es
www.mappinginteractivo.es

MAQUETACIÓN

Atlis Comunicación - atlis.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:

Foto aérea del Castillo Medieval de Úrbel en el Geoparque Las Loras (Burgos-Palencia). Nube de puntos obtenida a partir del procesamiento automático de 279 imágenes tomadas alrededor del monumento.

Autores: Javier Fernández Lozano y Gabriel Gutiérrez Alonso

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, 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

Daniel Emilio Carrasco Díaz
Indra Espacio. Madrid

Diego Cerda Seguel
KMLOT.COM. Chile

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

Mª Teresa Fernández Pareja
ETSITGC. UPM. Madrid

Florentino García González
Abogado

Diego González Aguilera
EPSA. USAL. Salamanca

Francisco Javier González Matesanz
IGN. Madrid

Luis Joyanes Aguilar
UPSAM. Madrid

Álvaro Mateo Milán
CECAF. Madrid.

Israel Quintanilla García
ETSIGCT. UPV. Valencia

Antonio Federico Rodríguez Pascual
IGN. Madrid

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
Maximiliano Arenas García
Acciona Infraestructuras. Madrid

Rodrigo Barriga Vargas
IPGH. México

Miguel Bello Mora
Elecnor Deimos. Madrid

Pilar Chías Navarro
UAH. Madrid

Ignacio Durán Boo
Informática El Corte Inglés. 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

El nuevo estándar: "ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data"

The new standard: "ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data"

Francisco Javier Ariza López

REVISTA **MAPPING**
Vol. 25, 178, 4-10
julio-agosto 2016
ISSN: 1131-9100

Resumen

Se realiza una descripción resumida del nuevo estándar de la ASPRS, se denomina "ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data". Esta descripción se centra fundamentalmente en el apartado 7º, donde se establecen los requisitos específicos. Tras esta descripción se ha realizado un análisis crítico en el que se han indicado las mayores aportaciones de esta nueva norma, así como los aspectos mejorables.

Abstract

A summary description of the new ASPRS standard is performed. This standard is called "ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data". The description focuses primarily on chapter 7 of the rule, where specific requirements are established. After this description, we made a critical analysis which indicated the greatest contributions of this new standard, as well as areas for improvement.

Palabras clave: calidad posicional, control posicional, exactitud posicional, exactitud vertical, ASPRS.

Keywords: positional quality, positional control, positional accuracy, vertical accuracy, ASPRS.

Dpto. Ing. Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría,
Universidad de Jaén
fjariza@ujaen.es

Recepción 15/05/2015
Aprobación 14/03/2016

1. INTRODUCCIÓN

Estamos viviendo un momento de gran relevancia de los datos espaciales. Así, la calidad posicional, evaluada por medio de la exactitud posicional, es una de las características más deseables de datos espaciales. En un conjunto de datos espaciales (CDE) la posición de una entidad del mundo real se describe por medio de los valores de posición de elementos geométricos (por ejemplo, puntos, líneas, etc.) en un sistema de coordenadas apropiado. La exactitud posicional representa la cercanía de esos valores de la entidad registrada en el CDE a la posición «verdadera». La exactitud posicional es una cuestión de interés renovado debido a las capacidades ofrecidas por Sistemas de Navegación Global por Satélite (GNSS), a los sistemas LiDAR de captura y a la necesidad de una mayor interoperabilidad espacial para apoyar las Infraestructuras de Datos Espaciales.

Este interés renovado es el que ha llevado en las últimas décadas a:

- La revisión de numerosos métodos de evaluación de la exactitud posicional; como son los casos de Méjico (INEGI 2010), Suecia (Jansson y Persson 2013), Virginia (VITA, 2009), Australia (ICSM 2009), y otros.
- El desarrollo de los programas de mejora de la componente posicional; como, por ejemplo, en Alemania que se ha desarrollado la mejora del catastro federal, en Francia de la altimetría, en Inglaterra de los mapas rurales y entornos urbanos, y en Suiza que se ha desarrollado el ajuste posicional de los callejeros.
- El desarrollo de métodos de control posicional alternativos a los basados en puntos; como son los basados en elementos lineales (p.e. método del orlado simple por Goodchild y Hunter (1997), método del orlado doble por Tveite y Langaas (1999), método de puntos importantes por Mozas-Calvache y Ariza-López (2010)).

En este caso la nueva propuesta procede de la ASPRS (Asociación Americana de Fotogrametría y Teledetección), que es una asociación profesional con un largo historial de aportaciones y liderazgo en el campo de la fotogrametría y teledetección. Dentro de los EEUU la ASPRS colabora activamente en el desarrollo de estándares relacionados con datos espaciales y, de una manera mucho más intensa, con toda labor normativa cercana a la fotogrametría y teledetección, para lo que cuenta en su estructura organizativa con un comité dedicado a los estándares (<http://www.asprs.org/Standards-Activities.html>). En 1990 la ASPRS (ASPRS 1990) propuso el estándar de control posicional denominado *Accuracy Standards for Large-Scale Map* (ASLSM) (estándares de exactitud para mapas de gran escala) y posteriormente, ya en 2004, una guía para

informar sobre la exactitud vertical de datos LiDAR (ASPRS 2004). La consolidación de la fotogrametría digital y de nuevos sensores (p.e. LiDAR e IFSAR), y la necesidad, con los conjuntos de datos espaciales de carácter digital, de desvincular las exigencias de exactitud posicional de escalas concretas, son los principales motivos que han llevado a desarrollar este nuevo estándar (ASPRS 2015). Conviene indicar que, de alguna forma, este estándar no es hijo único de la ASPRS. El nuevo estándar abarca gran parte del camino conceptual recorrido en USA por los documentos (estándares y especificaciones) creados por numerosas instituciones y proyectos (p.e. *United States Geological Survey, Federal Environmental Management Agency, Federal Geographic Data Committee, National Digital Elevation Program*). Por todo ello, podemos considerar que se trata de un documento con una base fundada que, además, posee el espíritu práctico y sencillo de las aportaciones que proceden de los EEUU.

2. EL NUEVO ESTÁNDAR "ASPRS POSITIONAL ACCURACY STANDARDS FOR DIGITAL GEOSPATIAL DATA"

El nuevo estándar de la ASPRS, se denomina "ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data", en adelante PAS4DGD. De forma resumida, se propone un método de evaluación de la exactitud posicional de ortoimágenes digitales, de datos digitales planimétricos y de datos digitales altimétricos. Para ello se basa en la utilización del RMSE (raíz del error medio cuadrático) para la definición de clases de exactitud, y en la evaluación se requiere el uso de fuentes independientes de mayor exactitud.

Este documento se organiza en 7 los siguientes epígrafes:

- 1. Propósito.** Se indica que el propósito del PAS4DGD es sustituir el estándar de control posicional ASLSM (ASPRS, 1990) y la guía para el informe de la exactitud vertical de datos LiDAR (ASPRS, 2004). Se indica que el ámbito es estrictamente posicional, y que no ofrece métodos de trabajo, sólo una herramienta para determinar la exactitud posicional. Se incluye aquí un subapartado dedicado a limitaciones, donde se indica un conjunto de aspectos que quedan fuera del estándar (p.e. evaluación por elementos lineales, calidad de la imagen, calidad de la distribución espacial de puntos, etc.).
- 2. Conformidad.** Por motivos formales se incluye este

apartado en el documento, pero no se han establecido requisitos de conformidad.

- 3. Referencias.** Listado con las referencias a las normas y documentos que son la base fundamental de la nueva propuesta.
- 4. Autoridad.** Indica que la organización responsable de la preparación, mantenimiento y coordinación de todos los trabajos relativos a esta norma es la ASPRS y, en concreto, las divisiones que han estado involucradas en su redacción.
- 5. Términos y definiciones.** Establece 31 definiciones de términos relacionados con la exactitud posicional y la estadística.
- 6. Símbolos, términos abreviados y notación.** Apartado en el que se definen los acrónimos y la simbología utilizada en las formulaciones estadísticas.
- 7. Requisitos específicos.** Éste es el apartado que establece los aspectos técnicos del estándar, sus contenidos son los siguientes:
 - Evaluación estadística de precisiones horizontales y verticales.
 - Asunciones respecto a errores sistemáticos y el error medio aceptable.
 - Estándares de exactitud horizontal para datos espaciales.
 - Estándares de exactitud vertical para datos de elevaciones.
 - Requisitos de exactitud horizontal para datos de elevaciones.
 - Área de baja confianza para datos de elevaciones.
 - Requisitos de exactitud para la aerotriangulación y orientación de sensores basada en sistemas INS en imágenes digitales.
 - Requisitos de exactitud para el control terreno usado en aerotriangulación.
 - Exactitud de los puntos de control y requisitos de emplazamiento.
 - Densidad y distribución de puntos de control.
 - Exactitud relativa de datos LiDAR e IFSAR.
 - Informe.

En este apartado, se comentarán cada uno de los epígrafes anteriormente indicados para el apartado 7º.

2.1. Evaluación estadística de las precisiones horizontales y verticales

Se propone que la evaluación de la exactitud horizontal se realice por medio del RMSE (RMSE_x, RMSE_y y RMSR_r).

Se propone que la evaluación de la exactitud vertical se realice sólo sobre la dimensión Z y se establece el uso de dos métodos según el terreno base sobre el que se han tomado los datos:

- Terrenos no vegetados. Donde los errores típicamente siguen una distribución Normal, y que permiten el análisis estadístico del RMSE_z. En este caso se habla de exactitud vertical en terrenos no vegetados (NVA).
- Terrenos vegetados. Donde los errores no necesariamente siguen una distribución Normal. En este caso se debe utilizar el percentil del 95%. En este caso se habla de exactitud vertical en terrenos vegetales (VVA).

Para la determinación de la exactitud correspondiente al 95% de confianza en el caso horizontal y sobre terrenos no vegetados, se establece el método de cálculo indicado por el NSSDA (FGDC, 1998).

2.2. Asunciones respecto a los errores sistemáticos y el error medio aceptable

En el PAS4DGD se asume que los errores sistemáticos se han eliminado previamente, si bien no se indica cómo.

Como se ha indicado se consideran dos tipos de terrenos, los vegetados y los no vegetados o desnudos. Para los terrenos no vegetados se asume que los errores se distribuyen según un modelo Normal, lo que posibilita el cálculo de estimaciones al 95% de confianza según el NSSDA.

Se indica que es responsabilidad del suministrador de los datos comprobar y verificar que los datos cumplen los requisitos (p.e. en el caso de normalidad de los datos una evaluación estadística de los parámetros como son la curtosis, asimetría y valor medio).

En relación a un valor medio aceptable, en este estándar se recomienda que el error medio sea menor del 25% del RMSE indicado para el trabajo; si bien se deja abierta la posibilidad de negociación según el tipo de trabajo. Para los casos en que el error medio supera el 25% del RMSE se debe investigar la causa asignable. En cualquier caso, se indica que esto se debe indicar en los metadatos.

En el PAS4DGD se indica que cuando un error supera tres veces el RMSE marcado como tolerancia se debe interpretar como un error grosero, y que éstos no pueden eliminarse sin investigación y explicación en los metadatos.

2.3. Estándares de exactitud horizontal para datos espaciales

En el PAS4DGD se definen clases de exactitud posicional horizontal en términos de los valores RMSE_x y RMSE_y. La Tabla 1 especifica el patrón de exactitud horizontal que se propone para los datos espaciales digitales y que se considera válida para datos planimétricos, mapas a escala y ortoimágenes. En sus anexos, el PAS4DGD proporciona diversas tablas que relacionan este nuevo patrón de exactitudes con estándares anteriores y con los trabajos de fotogrametría.

Clase de exactitud horizontal	Exactitud absoluta			Desajuste líneas de costura de mosaicos de ortoimágenes
	RMSE _x , RMSE _y [cm]	RMSE _r [cm]	Exactitud horizontal al 95% de confianza [cm]	
X-cm	≤ X	≤ 1.414 x X	≤ 2.448 x X	≤ 2 x X

Tabla 1. Estándares de exactitud horizontal para datos espaciales

Clase de exactitud vertical	Exactitud absoluta			Exactitud relativa (donde sea aplicable)		
	RMSE _z No vegetado [cm]	NVA al 95% de nivel de confianza [cm]	VVA al 95% percentil [cm]	En pasada (max dif) [cm]	Pasada a pasada No vegetado (RMSDz) [cm]	Pasada a pasada No vegetado (max dif) [cm]
X-cm	≤ X	≤ 1.96 x X	≤ 3.00 x X	≤ 0.60 x X	≤ 0.80 x X	≤ 1.60 x X

NVA = Non-vegetated Vertical Accuracy
 VVA = Vegetated Vertical Accuracy

Tabla 2. Estándares de exactitud vertical para datos de elevaciones digitales

Las exigencias de exactitud horizontal y vertical, así como su control, se establecen e informan de manera independiente.

2.4. Estándares de exactitud vertical para datos de elevaciones

Como se ha indicado, si el terreno es no vegetado se utiliza un estadístico basado en el RMSE, y si es vegetado en el percentil del 95%. En esta línea, la Tabla 2 presenta los patrones o estándares de exactitud vertical que establece esta norma. En sus anexos, el PAS4DGD proporciona diversas tablas que relacionan este nuevo patrón de exactitudes con estándares anteriores y con los trabajos de fotogrametría.

2.5. Requisitos de exactitud horizontal para datos de elevaciones

El PAS4DGD considera dos fuentes de datos de elevaciones (fotogrametría y LiDAR) y para cada una de ellas establece unos requisitos de exactitud posicional horizontal:

- Datos de elevaciones procedentes de procesos fotogramétricos. Las exigencias de exactitud posicional son las mismas que para los datos planimétricos que se pudieran derivar de la misma fuente (imagen y solución de triangulación).
- Datos de elevaciones LiDAR. La exactitud posicional depende de numerosos factores, en este estándar se propone la fórmula indicada en la Ec.1,

$$RMSE_{r(Lidar)} = \sqrt{(RMSE_{r(GNSS-Lidar)})^2 + \left(\frac{\tan g(RMSE_{IMU-Lidar})}{0.55894170} H_{vuelo}\right)} \quad Ec.1$$

donde:

- H Altura de vuelo [m].
- RMSE_{r(GNSS-Lidar)} Error radial [cm]
- RMSE_{IMU-Lidar} Grados decimales.

2.6. Áreas de baja confianza para datos de elevaciones

Si en un trabajo no se alcanza la VVA se deben crear áreas de baja confianza, las cuáles serán explicadas e informadas en los metadatos.

2.7. Requisitos de exactitud para la aerotriangulación y orientación de sensores basada en sistemas INS en imágenes digitales

El PAS4DGD considera dos posibles casos en relación a los datos:

- Datos 2D. Para el caso de productos de datos 2D (p.e. ortoimágenes y vectoriales 2D) se establece que, en planimetría, el RMSE en la aerotriangulación debe ser del orden de dos veces menor que el RMSE del producto, para la componente altimétrica se relaja esta exigencia; es decir:

$$\begin{aligned} RMSE_{x(AT)} &= 0.5 RMSE_{x(producto)} \\ RMSE_{y(AT)} &= 0.5 RMSE_{y(producto)} \\ RMSE_{z(AT)} &= RMSE_{x(producto)} = RMSE_{y(producto)} \end{aligned}$$

- Datos 3D. Para el caso de productos de datos 3D, la exigencia de trabajar con el doble de precisión en la

aerotriangulación se extiende a todas las coordenadas, es decir:

$$RMSE_{x(AT)} = 0.5 RMSE_{x(producto)}$$

$$RMSE_{y(AT)} = 0.5 RMSE_{y(producto)}$$

$$RMSE_{z(AT)} = 0.5 RMSE_{z(producto)}$$

2.8. Requisitos de exactitud para el control terreno usado en aerotriangulación

En la línea de lo indicado en el apartado anterior, se establecen las siguientes exigencias de exactitud para los puntos de control, en función del tipo de producto:

- Datos 2D.

$$RMSE_{x(AT)} = 0.25 RMSE_{x(producto)}$$

$$RMSE_{y(AT)} = 0.25 RMSE_{y(producto)}$$

$$RMSE_{z(AT)} = 0.5 RMSE_{x(producto)} = 0.5 RMSE_{y(producto)}$$

- Datos 3D.

$$RMSE_{x(AT)} = 0.25 RMSE_{x(producto)}$$

$$RMSE_{y(AT)} = 0.25 RMSE_{y(producto)}$$

$$RMSE_{z(AT)} = 0.25 RMSE_{x(producto)} = 0.25 RMSE_{y(producto)}$$

2.9. Exactitud de los puntos de control y requisitos de emplazamiento

El PAS4DGD establece los siguientes requisitos:

- La fuente de mayor exactitud utilizada en el control debe tener, al menos, una exactitud tres veces mayor que la propia de los datos a controlar.

- Los puntos de control 2D deben corresponderse con puntos bien definidos.
- Los puntos de control vertical deben establecerse en posiciones que minimicen los errores de interpolación (p.e. zonas llanas o planos de ladera uniformes y con pendientes menores del 10%).

2.10. Densidad y distribución de puntos de control

La distribución de los puntos de control debe ser específica para cada proyecto y debe determinarse por acuerdo mutuo entre las partes. En ningún caso se utilizarán menos de 20 puntos de control.

La Tabla 3 presenta la recomendación del número de puntos de control en función del tamaño del proyecto. Estos puntos se deben determinar por métodos GNSS estáticos.

2.11. Exactitud relativa de datos LiDAR e IFSAR

La exactitud relativa se refiere a la consistencia interna de la geometría de los datos de elevación sin considerar la verdad terreno. El PAS4DGD propone evaluar dos aspectos: exactitud dentro de una pasada y exactitud entre pasadas. La Tabla 2 ha presentado la propuesta del estándar para estos casos.

2.12. Informe

El PAS4DGD propone informar en términos de cumplimiento o no de las tolerancias y demás criterios de calidad establecidos en el estándar. Se propone incluir alguna de las siguientes leyendas en los metadatos:

Superficie cubierta por el proyecto [km2]	Comprobación de la exactitud horizontal de ortoimágenes y planimetría	Comprobación de la exactitud vertical y horizontal de datos de elevaciones		
	Nº de puntos de control 2D/3d (bien definidos)	Nº de puntos de control 3D en NVA	Nº de puntos de control 3D en VVA	Nº total de puntos de control
≤ 500	20	20	5	25
501-750	25	20	10	30
750-1000	30	25	15	40
1001-1250	35	30	20	50
1251-1500	40	35	25	60
1501-1750	45	40	30	70
1751-2000	50	45	35	80
2001-2250	55	50	40	90
2251-2500	60	55	45	100

Tabla 3. Recomendación del número de puntos de control basados en el área

- Datos 2D. Según se haya comprobado con fuentes externas independientes o el proceso se haya diseñado para alcanzar los requisitos:

Este conjunto de datos ha sido comprobado y satisface el ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data (2014) para la clase de exactitud horizontal de ____ (cm) RMSE_x/RMSE_y. La exactitud posicional real es RMSE_x = ____ (cm) y RMSE_y = ____ (cm), lo que equivale a ± ____ (cm) al 95% de nivel de confianza.

Este conjunto de datos ha sido producido para satisfacer el ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data (2014) para la clase de exactitud horizontal de ____ (cm) RMSE_x/RMSE_y, lo que equivale a ± ____ (cm) al 95% de nivel de confianza.

- Datos 3D. Según se haya comprobado con fuentes externas independientes o el proceso se haya diseñado para alcanzar los requisitos:

Este conjunto de datos ha sido comprobado y satisface el ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data (2014) para la clase de exactitud vertical de ____ (cm) RMSE_z. La exactitud NVA real es RMSE_z = ____ (cm), lo que equivale a ± ____ (cm) al 95% de nivel de confianza. La exactitud VVA real es ± ____ (cm) al 95% percentil.

Este conjunto de datos ha sido producido para satisfacer el ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data (2014) para la clase de exactitud vertical de ____ (cm) RMSE_z, lo que equivale a una NVA de ± ____ (cm) al 95% de nivel de confianza y a una VVA de ± ____ (cm) al 95% percentil.

3. ANÁLISIS CRÍTICO

El PAS4DGD es un estándar cuya aparición era necesaria y que va a aclarar los procesos de producción y control de datos procedentes de fotogrametría y LiDAR. Respecto al estándar de control posicional ASLSM (ASPRS, 1990), y a la guía para el informe de la exactitud vertical de datos LiDAR (ASPRS, 2004), cuyo objetivo es sustituir y superar, este estándar realiza notables aportaciones pero también posee algunos problemas. A continuación se van a indicar las que, personalmente, consideramos principales aportaciones y puntos de mejora.

Las principales aportaciones de este estándar son:

- La redacción del estándar adopta una estructura más formal y cercana a las normas. Es un documento de mayor calidad formal y además con un contenido mucho más

rico gracias a las exigencias que tienen los documentos normativos.

- Ligado a lo anterior está la inclusión de un conjunto de definiciones que ayudan a eliminar ambigüedad en las interpretaciones de los términos que se utilizan.
- Se han incluido un conjunto de anexos que aportan ejemplos y aclaraciones que ayudan a entender mucho mejor la propuesta, las posibilidades tecnológicas y cómo pasar de este estándar a otros estándares.
- Se pasa del sistema de escalas y clases propuesto por el ASLSM (ASPRS 1990) a otro sistema mucho más flexible y actualizado de clases de exactitud, donde ya no aparece la idea de escala ni tolerancias con valores fijos. Cada conjunto de datos puede resultar en una clase propia.
- Los procesos fotogramétricos están muy presentes y, puesto que la mayor cantidad de datos espaciales de carácter general (p.e. topográficos) proceden de estos procesos, el estándar es de gran ayuda tanto a productores como adquirentes.
- Presenta un conjunto de tablas que ayudan a saber qué se puede exigir en los trabajos de fotogrametría actuales.
- El tema del número de puntos de control están mucho mejor tratado y más claro. Se ha ligado el tamaño del proyecto con el tamaño de la muestra de puntos de control a tomar. Se rompe el mito de «al menos 20 puntos» repetido en numerosos estándares de control posicional.

Los aspectos que consideramos mejorables son:

- Desde el punto de vista formal, la redacción no es del todo adecuada para una norma.
- Se incluyen ejemplos en los anexos normativos, sin separar claramente lo normativo de los ejemplos.
- Algunos aspectos, que pueden ser formalizados analíticamente, se expresan de forma literal, lo que introduce ambigüedad.
- No se establece un mecanismo de conformidad, lo que puede generar distintas maneras de aplicar el estándar.
- Se mantiene totalmente al margen del modelo de calidad de la familia ISO 19100, tal que no existe ninguna relación con ISO 19157 o ISO 19115.
- A parte de las leyendas propuestas, el estándar «respalda y alienta incluir más información en los metadatos», pero no se indica exactamente el qué ni mucho menos el cómo (p.e. una plantilla de informe).
- Desde el punto de vista de la estadística no se concretan los métodos de detección de atípicos ni de detección del sesgo.
- Aparecen algunas erratas (p.e. mapa en lugar de producto) y algunos comentarios y formulaciones confusas (p.e. referidos al RMSE y la desviación, a la eliminación de atípicos que superan 3 desviaciones) y/o erróneas (asignar ± a un percentil).

- Estándar centrado en productos procedentes de la fotogrametría, con poco esfuerzo más se le podría haber dado una perspectiva más general.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado el nuevo estándar propuesto por la Asociación Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS) que se denomina *ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data*. Se trata de un documento normativo que seguro tendrá gran repercusión no sólo en EEUU sino en todo el mundo, incluido nuestro país.

En este documento se ha realizado una descripción resumida de los contenidos del estándar atendiendo a las aportaciones fundamentales, para lo que se ha seguido el propio orden de contenidos del estándar. Las aportaciones se centran fundamentalmente en el apartado 7º, donde se establecen los requisitos específicos (p.e. evaluación estadística de precisiones horizontales y verticales, asunciones respecto a errores, estándares de exactitud, requisitos de exactitud, etc.). Tras esta descripción se ha realizado un análisis crítico en el que se han indicado las mayores aportaciones de esta nueva norma así como aspectos mejorables.

Del lado de las bondades destacan un mayor formalismo, la mayor abundancia de información de contexto y ejemplos, aportar tolerancias para los procesos fotogramétricos que ayudan a saber qué exigir, el establecimiento de un sistema de clases de exactitud que dependen de los propios datos, y finalmente vincular los tamaños de muestra con la del tamaño del proyecto que se controla.

Del lado de los aspectos a mejorar se considera que la redacción del documento no es del todo adecuada para una norma, que falta formalización analítica y estadística, que se queda corto al no establecer mecanismos de conformidad ni de reporte normalizado y que se mantiene totalmente al margen del modelo propuesto por ISO para los datos espaciales.

Con todo lo indicado, consideramos que se trata de un documento relevante, y que va a ayudar a que los aspectos del control de calidad posicional de los productos de datos espaciales, tanto en planimetría como en altimetría, mejoren con respecto a las prácticas que se han venido desarrollando hasta la fecha.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología del Reino de España y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (BIA2011-23217). Los autores agradecen a la Junta de Andalucía por el apoyo económico que viene

ofreciendo al Grupo de Investigación en Ingeniería Cartográfica (IPAIDI-TEP-164) desde su creación en 1997.

REFERENCIAS

- ASPRS (1990). *ASPRS Accuracy Standards for Large-Scale Maps*. *PE&RS*, 56(7):1068-1070
- ASPRS (2004). *ASPRS Guidelines. Vertical Accuracy Reporting for Lidar Data*. ASPRS Lidar Committee.
- ASPRS (2015). *ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Volume 81(3), 53 p., URL: <http://www.asprs.org/Standards-Activities.html>.
- Goodchild, M.F., Hunter, G. (1997). *A simple positional accuracy measure for linear features*. *International Journal of Geographical Information Science*, 11(3):299-206.
- ICSM (2009). *Australian Map and Spatial Data Horizontal Accuracy Standard*.
- INEGI (2010). *Estándares de Exactitud Posicional*.
- Jansson P., Persson, CG. (2013). *Analys av den norska standarden Kontroll av geodata*.
- Mozas-Calvache, A.T., Ariza-López, F.J. (2010). *Methodology for positional quality control in cartography using linear features*. *The Cartographic Journal*, 47(2):371-378.
- STANAG (2002). *STANAG 2215: Standardization agreement: Evaluation of land maps, aeronautical charts and digital topographic data*. North Atlantic Treaty Organization. Brussels.
- Tveite, H., Langaas, S., 1999. *An accuracy assessment method for geographical line data sets based on buffering*. *International Journal of Geographical Information Science*, 13(1): 27-47.
- VITA (2009). *Model Virginia Map Accuracy Standards Guideline*.

Sobre el autor

Francisco Javier Ariza López

Dr. Ing. (1994), es desde 2002 Catedrático de Universidad del Área de Ing. Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Universidad de Jaén. Parte de su investigación se centra en los temas de calidad de la Información Geográfica. Es el Director del Máster en Evaluación y Gestión de la Calidad de la Información Geográfica (www.cartocalidad.com) y posee numerosos artículos en esta temática. En 2013 editó el manual «Fundamentos de evaluación de la calidad de la Información Geográfica (ISBN: 9788484398134)».

CONOCE EL TERRITORIO GESTIONA LA BEVVIDAD



www.jornadas.gvsig.org
 **gvsig**
association



30 NOV

12^{as} JORNADAS
INTERNACIONALES

E. T. S. I.
Geodésica, Cartográfica
y Topográfica
(Universitat Politècnica de València)

2 DIC

gvsig

Imágenes Landsat 8: nuevas fronteras en las necesidades de cartografía para proyectos de ingeniería civil

REVISTA **MAPPING**
Vol. 25, 178, 12-22
julio-agosto 2016
ISSN: 1131-9100

Landsat 8 images: new frontiers on mapping needs in civil engineering projects

Mercedes Farjas Abadía⁽¹⁾, José Antonio Domínguez Gómez⁽²⁾,
Alejandro Picazo Huerta⁽¹⁾, Carlos Pérez Jimeno⁽¹⁾

Resumen

En la actualidad muchas empresas de ingeniería civil están inmersas en la elaboración y gestión de proyectos en zonas geográficas que no cuentan con cartografía oficial, o que ésta no es de uso público en las fases de redacción de propuestas y de licitación de las obras. El presente trabajo intenta dar respuesta a esta necesidad mediante las nuevas escenas Landsat-8, disponibles desde abril de 2013. Se estudia la posibilidad de producir cartografía a escalas medias en territorios carentes de ella, proponiendo una metodología basada exclusivamente en la utilización de recursos gratuitos disponibles en Internet. Se expondrá el proyecto realizado con 3 escenas Landsat-8 que cubren Emiratos Arabes Unidos, los resultados cartográficos obtenidos a escala 1:1.125.000, 1:250.000, cartografía de coberturas de suelo a 1:200.000, y cartografía general a escala 1.75.000; tras el tratamiento de las imágenes, la corrección de saltos radiométricos y la fusión de sus canales.

Abstract

Today many civil engineering firms are engaged in the development and management of projects in geographical areas that do not have official maps, or which are not for public use in the phases of writing proposals and tendering of the works. This paper attempts to answer this need by means of the new Landsat-8 scenes, available from April 2013. The possibility of producing mapping to intermediate scales in areas devoid of it, proposing a methodology based solely on the use of free resources available on the Internet, is studied in this paper. The project, with three scenes Landsat-8 covering the United Arab Emirates, and the results obtained at scale 1:1.125.000, 1:250.000, land cover mapping at 1:200.000, and general cartography scale 1:75.000, after image processing, radiometric correction between images from different date and the merger of its channels, will be discussed.

Palabras clave: Landsat 8, Teledetección, Ingeniería civil, Cartografía.

Keywords: Landsat 8, Remote Sensing, Civil engineering, Mapping.

⁽¹⁾Universidad Politécnica de Madrid.

⁽²⁾Dpt. Applied Geoinformatics and Spatial Planning, Faculty of Environmental Sciences. Czech University of Life Sciences
m.farjas@upm.es

Recepción 31/07/2015
Aprobación 17/02/2016

1 . INTRODUCCIÓN

En los proyectos de ingeniería civil es necesario realizar un profundo estudio previo de la viabilidad técnica y económica, elaborando la memoria, los anejos y los planos que justifican la inversión, de acuerdo a los pliegos de prescripciones técnicas particulares y a los presupuestos disponibles. Para llevar a cabo esta planificación técnico-económica, para determinar los flujos de trabajo y en la toma de decisiones se requiere conocer el territorio de actuación lo mejor posible. Las ubicaciones suelen ir más allá del propio país, participando en la licitación de obras en lugares que no cuentan con cartografía de uso público, o en territorios no estructurados en los que la misma no se ha elaborado todavía.

Este trabajo propone la obtención de documentos cartográficos mediante el uso de imágenes del Programa Landsat, que pertenece a la misión *Earth Observing Satellite* (EOS), realizada conjuntamente por la NASA y el *United States Geological Survey* (USGS). En 1972, se lanzó el satélite ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite*) que más tarde sería denominado Landsat 1, para la obtención de datos espaciales por teledetección. El último satélite de la serie Landsat fue lanzado el 11 de febrero del 2013, y es el denominado Landsat 8 y pone a disposición de la población general datos desde el 10 de Abril del 2013.

El Programa Landsat proporciona datos multiespectrales de la superficie terrestre a escala global. Landsat 8 tiene como objetivo asegurar la adquisición y disponibilidad continua de información utilizando la acción conjunta de dos sensores: el primero de ellos denominado *Operational Land Imager* (OLI) y el segundo sensor térmico infrarrojo *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Estos dos instrumentos recogen imágenes en 11 bandas:

- Ocho bandas con una resolución espacial de 30 metros (bandas 1 a 7 y 9). Incorpora dos bandas nuevas en relación a las imágenes Landsat 7: la banda Costal, útil para estudios costeros y aerosoles; y la banda Cirrus, útil para la detección de cirrus.
- Una banda pancromática, cuya resolución espacial es de 15 metros.
- Dos bandas térmicas (bandas 10 y 11) útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie terrestre. Se toman con 100 metros de resolución espacial.

El satélite Landsat 8 tiene tres objetivos científicos:

- Recoger y archivar datos de imágenes multiespectrales de resolución media (30-metros de resolución espacial) proporcionando cobertura estacional de la superficie terrestre por un tiempo mínimo de 5 años.

- Asegurar que los datos Landsat 8 son consistentes con los datos de las misiones Landsat previas en términos de adquisición de la geometría, calibración, características de cobertura, características espectrales, calidad de los productos de salida y disponibilidad de datos para permitir estudios de cobertura de suelos y de análisis de cambios de uso del suelo.
- Distribuir productos de datos Landsat 8 al público general sin discriminación alguna y con coste cero para el usuario.

Las imágenes de satélite Landsat 8 tienen una resolución temporal de 16 días. Los datos recogidos en sus equipos están disponible para descarga sin coste en *GloVis*, *EarthExplorer*, o vía el *LandsatLook Viewer* en las 24 horas siguientes a su captura, y pueden ser usados y redistribuidos a deseo del usuario. No hay restricciones en el uso de los datos, y dependiendo de la fuente del producto es necesario que se incluya una referencia a la fuente en agradecimientos (<http://eros.usgs.gov/about-us/data-citation>).

El análisis espacial en ingeniería civil necesita contar con escalas cartográficas que cubran amplias superficies de terreno. Requiere procesos espaciales de interrelación, que lleven de la escala local a una escala global del proyecto, y que permitan tanto determinar ubicaciones parciales como el análisis de territorios extensos (Hadjimitsis, 2013).

El presente trabajo pretende analizar la capacidad de los recursos gratuitos disponibles en Internet, para responder a esta necesidad de documentación espacial en ingeniería civil. La redacción de proyectos sobre territorios no estructurados en los que la cartografía oficial no está disponible para uso civil, o no existe, obliga a que se emprendan estudios económicos, sin poder realizar un análisis previo de la morfología, topografía y obstáculos de las áreas de estudio y de las superficies de actuación. La hipótesis del trabajo que se expone a continuación es que es posible obtener nuevos documentos cartográficos para proyectos de ingeniería civil con información de teledetección gratuita disponible en Internet. Para ello se ha elegido el programa Landsat y en concreto el sensor Landsat-8, de lanzamiento en el año 2013, experimentando con las posibilidades que ofrece.

2 . MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El área de estudio seleccionada se ha denominado Mleiha-Khor Fakkan, y se encuentra en Emiratos Árabes Unidos (EAU). Este país, situado entre 22°50' y 26° lati-

tud norte y entre 51° y 56°25' longitud, en el suroeste de Asia, está bordeando el Golfo de Omán y el Golfo Pérsico, entre Omán y Arabia Saudí y es una localización estratégica a lo largo del Estrecho de Ormuz. Está considerado como uno de los quince estados pertenecientes a la supuesta Cuna de la Humanidad, de gran interés arqueológico. El objetivo arqueológico actualmente se centra en las rutas de conexión de los yacimientos situados en el interior, en que se encuentra el área de Mleiha, con el enclave costero de Khor Fakkan, atravesando las montañas de Al Hayar, con alturas de hasta 2 980 m. Es por ello que ésta va a ser la zona seleccionada.

La colaboración existente de la Universidad Politécnica de Madrid con el Departamento de Antigüedades, del Ministerio de Cultura y Educación del Emirato de Sharjah, son el origen de la presente propuesta de nuevos métodos para producción cartográfica, en la zona indicada.

Se presenta la fase de obtención de la cartografía, con el objetivo de preparar el proyecto de las infraestructuras viales necesarias para interconectar los emplazamientos arqueológicos localizados tanto con fines turísticos como de divulgación de los mismos.

2.2. Selección de imágenes Landsat 8

Las imágenes Landsat 8 seleccionadas para la realización del presente estudio de documentación cartográfica para proyectos de ingeniería civil, fueron las siguientes (Figura 1):

- Escena LC81590432013160LGN00:

Porcentaje de nubes: 1%

Fecha: 2013/6/9

Calidad: 9 Producto: OLI_TIRS_L1T

Proyección: UTM 40

Tamaño: 1,55 Gb.

- Escena LC81600432013151LGN00:

Porcentaje de nubes: 1%

Fecha: 2013/5/31

Calidad: 9 Producto: OLI_TIRS_L1

Proyección: UTM 40

Tamaño: 1,57 Gb.

- Escena LC81600422013135LGN01:

Porcentaje de nubes: 2%

Fecha: 2013/5/15

Calidad: 9 Producto: OLI_TIRS_L1

Proyección: UTM 40

Tamaño: 1,57 Gb.

Los criterios de selección aplicados fueron:

- Condiciones de visibilidad: ausencia de nubes en la zona de proyecto.

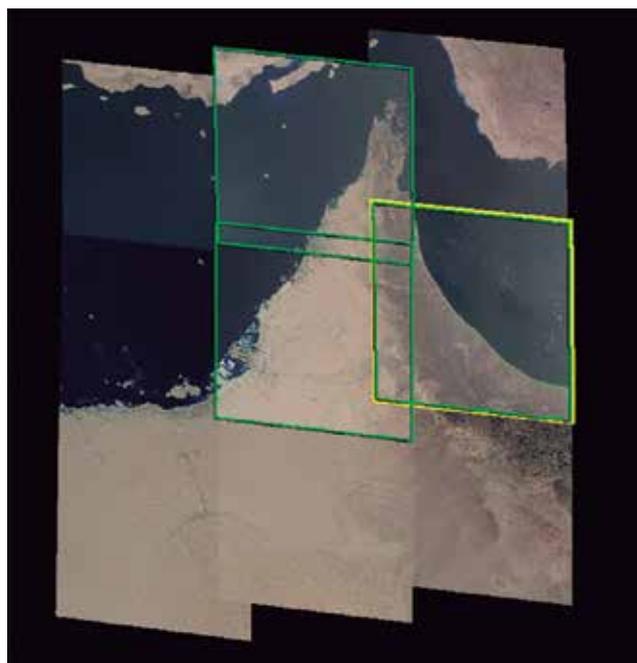


Figura 1. Mosaico de las tres imágenes Landsat 8 utilizadas en esta investigación

- Fecha: imágenes que fueran las más recientes, próximas a la fecha en las que fueron tomadas las empleadas en el proyecto «Elaboración de un soporte gráfico de localización de yacimientos arqueológicos en el Emirato del Sharjah y obtención de cartografía temática de usos del suelo en la región de Al-Madam a partir de imágenes ETM +», realizado en 2006 sobre el mismo territorio. Se pretende poder comparar resultados de la producción cartográfica obtenidos entre ambos trabajos.
- Superficie: imágenes que englobasen el área de proyecto y dieran cobertura global al país de destino del mismo.

Las escenas, procedentes de los satélites Landsat-8, han sido descargadas gratuitamente del servidor USGS del portal GLOVIS. Las imágenes son facilitadas por el Instituto Geológico de los EEUU (USGS) de forma gratuita con un nivel de procesamiento *Level 1T* o *Level 1Gt*:

- *Level 1T*: se les ha realizado una corrección geométrica usando puntos de control sobre el terreno (que proviene del conjunto de datos GLS2000) y un Modelo Digital de Elevación (SRTM, NED, CDED, DTED y GTOPO 30) para la exactitud topográfica.
- *Level 1Gt*: proporciona información sobre la precisión sistemática, radiométrica y geométrica, utiliza un DEM (*Digital Elevation Model*) para obtener la precisión topográfica.

En la descarga, además de los once ficheros correspondientes a las once bandas que registran los

sensores OLI y TIRS, se incluye un fichero adicional con metadatos de los parámetros orbitales del satélite en el momento de la toma y con los parámetros de calibración.

El tamaño aproximado de cada una de las escenas es de 170 km de norte a sur y de 183 kilómetros de este a oeste. Cada imagen del satélite Landsat-8 está alineada con las demás, por tanto, un pixel de coordenadas x e y determinadas, corresponde al mismo punto del terreno en todas las escenas, sean de la fecha que sean. Las imágenes se suministran en formato Geotiff, en proyección UTM y en el sistema de referencia WGS 84.

2.3. Procesamiento de imágenes

El procesamiento de las imágenes se realizó siguiendo las fases que se enuncian a continuación:

1. Corrección radiométrica
2. Fusión de la banda pancromática y multiespectral
3. Recorte de la zona de los estudios previos del proyecto de ingeniería civil
4. Corrección atmosférica
5. Análisis exploratorio
6. Clasificación
7. Edición cartográfica temática
8. Modelo de elevación digital

1) Corrección radiométrica

Como se puede apreciar observando las escenas que componen el mosaico (Figura 2), entre ellas existen saltos radiométricos debido a que las imágenes descargadas desde GLOVIS son de diferentes fechas y a que la luminosidad y las condiciones atmosféricas en cada día varían.

La normalización de las imágenes para corregir los saltos radiométricos se han realizado empleando el programa ENVI 4.8. Las fases han sido (Domínguez, Chao, Marcos y Delgado, 2011):

- Detección de saltos radiométricos
- Identificación de la zona de recubrimiento
- Obtención de la zona de recubrimiento
- Obtención del histograma y los valores estadísticos
- Cálculo de la función de normalización
- Aplicación de la función de normalización
- Obtención del mosaico

La primera tarea se lleva a cabo mediante un análisis visual de cada una de las bandas, para observar si la imagen tiene saltos radiométricos o si les falta alguna fila o columna, y en caso de existir saltos radiométricos se corregirían los valores digitales de los píxeles

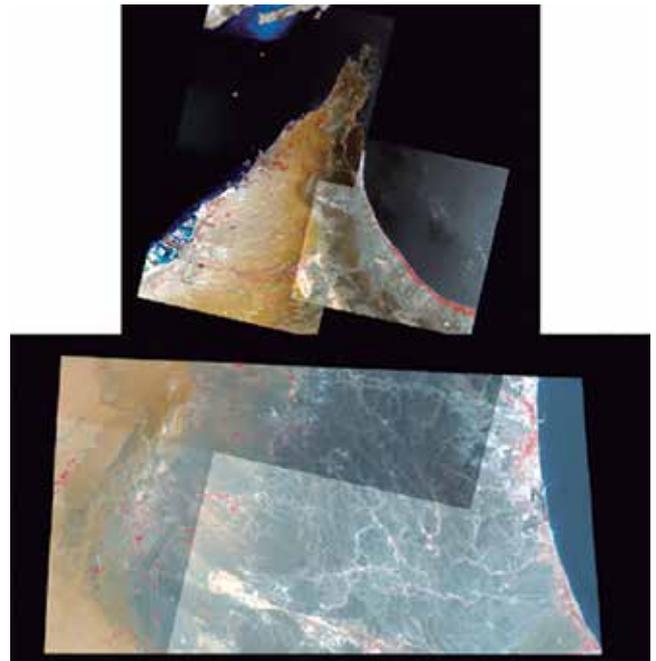


Figura 2. Salto radiométrico del mosaico de imágenes descargadas y zoom de la zona de proyecto

de una imagen en función de los valores digitales de la otra imagen, para normalizarlas.

Cuando están cargadas todas las imágenes, se van formando mosaicos para analizar la existencia de saltos radiométricos entre cada par de imágenes. Cuando se detecta un salto radiométrico, éste deberá analizarse, comprobando que afecta a la zona del proyecto. Por ejemplo, en este trabajo se detectaron saltos radiométricos en el mar que no afectaban a la zona terrestre, por lo que no fue necesario hacer una corrección radiométrica para el par de imágenes en el que aparecía y para la banda en concreto analizada. Una vez detectados los saltos radiométricos para llevar a cabo su corrección fue necesario identificar la zona de recubrimiento. Para ello se creó una nueva imagen con dos capas: en una capa se introdujo el mosaico de las imágenes de la izquierda, y en la otra capa la imagen de la derecha. De este modo se obtuvo la imagen de la zona de recubrimiento (Figura 3).

A partir de la imagen de la zona de recubrimiento se obtienen los valores máximos y los mínimos correspondientes a cada imagen para poder llevar a cabo la normalización. Con los diferentes valores que toman los píxeles y el número de veces que se repiten se generó un archivo y se calcularon los parámetros estadísticos. Para cada imagen se seleccionaron los cuatro niveles digitales menores que aparecerían representados, y el nivel digital mayor; y se elaboró una tabla de Excel con ellos, poniendo el mayor tres veces y obteniendo la función de dispersión para esta tabla. A continuación

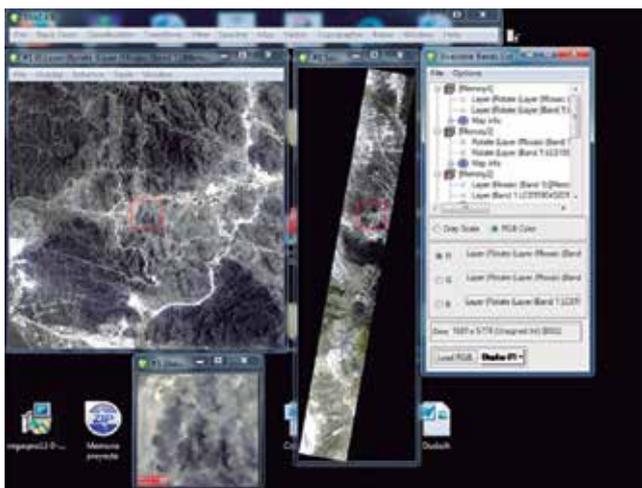


Figura 3. Selección de la imagen de la zona de recubrimiento

se calculó la función de normalización con la opción *AgregarLineaDeTendencia*.

Una vez obtenida la función de normalización se aplicó en el programa ENVI con la opción *BandMath*, introduciendo la expresión calculada anteriormente. El valor que toma la variable es la imagen que se desea corregir, y con ello se tiene corregido el salto radiométrico.

Por último se ha de realizar un mosaico de las tres imágenes corregidas que conforman E.A.U. Este proceso se repetiría para cada banda, utilizando las imágenes normalizadas obtenidas. No había que olvidar que en la nueva ventana emergente hay que escribir el valor 0 en la opción de *Data Value to Ignore*, si no aparecía por defecto. De este modo se tenía conformado el mosaico final con la corrección radiométrica aplicada.

2) Fusión de la banda pancromática y multiespectral

Una vez había sido corregida la radiometría de la imagen, antes de llevar a cabo el proceso de fusión fue necesario preparar las escenas según sus bandas. Cada imagen viene cifrada en un conjunto de archivos, cada uno de los cuales corresponde a una de sus bandas. Si el objetivo es fusionar el canal pancromático con los canales multiespectrales, hay que preparar una escena con la suma de las bandas del espectro visible, es decir, con la suma de las bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7; y otra escena con el canal pancromático: la banda 8. Esta fusión de bandas logra una mejor resolución espacial de la imagen. El objetivo de fusionar las bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 del espectro visible, es obtener una escena que posea toda la información de los niveles digitales (ND) en cada píxel. Se obtendrá una única imagen que contiene toda la información de cada banda sin que sus ND varíen y que será de una resolución espectral de 15 metros (Liu, 2000).

Para realizar este proceso se utilizó el programa informático ERDAS IMAGINE 2011. La opción utilizada fue la denominada *LayerStac*. El archivo resultante de fusionar las bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 ocupó 4,55 Gb. El resultado obtenido de este proceso fue una única imagen en la que se encontraba fusionada la información de las bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. La fase siguiente sería fusionarla con el canal pancromático.

El objetivo de la fusión del canal pancromático con los canales visibles, es obtener dichos canales, con la resolución espacial del canal pancromático (15 metros). De este modo se mejora la calidad de los datos, ya sea en lo que se refiere a su aspecto visual, a la discriminación digital de ciertas categorías, a mejorar una estimación de una determinada variable o a demostrar la solidez de un determinado método de análisis.

Los datos fusionados pueden ser empleados en un proceso de clasificación de las escenas, proceso que se tenía previsto realizar para obtener la cartografía temática de usos del suelo de la zona de estudio del proyecto y el análisis de coberturas para la definición de material afectado por las infraestructuras civiles que se proyectasen.

Este tipo de fusiones es interesante desde el punto de vista de la interpretación de imágenes, puesto que a partir de un sensor de baja o media resolución espacial, pero alta resolución espectral, como es el caso del sensor ETM+ para sus bandas multiespectrales y térmicas; y otro de alta resolución espacial, como la banda pancromática del mismo sensor; se consigue una imagen fusionada de alta resolución espacial y de alta resolución espectral. Esto permite una mejor interpretación del territorio, debido a la gran superficie de terreno cubierta por una imagen de satélite. Si se requiere un mayor nivel de detalle, al proporcionado por el sensor Landsat 8 se puede complementar el trabajo con fotografía aérea o con sensores de mayor resolución espacial y/o espectral a la indicada.

La fusión del canal pancromático, banda 8, con el resto permite generar y trabajar con escalas cartográficas mayores de las que se obtendrían a partir de las imágenes originales.

Para esta segunda fase de fusión de las imágenes (pancromático + canales visibles) se utilizó también el programa ERDAS IMAGINE 2011. Se aplicaron los algoritmos *Resolution Merge* (fusión estándar) y *Wavelet Resolution Merge* con el fin de obtener una comparación de ambos métodos y poder determinar cuál era el que mejor se ajustaba a las necesidades del proyecto. Los resultados obtenidos y la supervisión de los mismos, llevaron a concluir que la fusión realizada mediante el método *Wavelet Resolution Merge* era la más adecuada.

Finalmente se realizó un estudio de los histogramas de la imagen sin fusionar, y la imagen fusionada, para comprobar que los ND no habían sido modificados. Mediante este proceso se pasó de tener una resolución espacial de 30 metros a contar con una de 15 metros, en todas las imágenes.

3) Recorte de la zona del proyecto de infraestructuras

Una vez realizada y verificada la fusión del mosaico, se procedió a hacer un recorte de la zona del proyecto de ingeniería civil mediante el programa informático ENVI 4.8, a partir de las coordenadas UTM de los vértices del rectángulo proporcionadas por el equipo arqueológico para la zona Mleiha-Khor Fakkan (E.A.U) y por el equipo encargado de elaborar la propuesta del proyecto de viales. Para validar el recorte, se comprobó que los píxeles no habían sufrido variación radiométrica durante el proceso del recorte.

4) Corrección atmosférica

Como consecuencia de las partículas y moléculas atmosféricas que los diferentes rayos deben cruzar en su trayecto hacia la superficie terrestre, se producen cambios en los valores de los píxeles, cambios que deben ser corregidos. Para este trabajo se utilizó de nuevo el programa ENVI. Este *software* permite trabajar con dos Módulos de Corrección Atmosférica para obtener la reflectancia espectral de imágenes multiespectrales e hiperespectrales:

- Quick Atmospheric Correction (QUAC),
- Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH)

QUAC (Bernstein, Adler-Golden, Sundberg, Levine, Perkins, Berk, Ratkowski, Felde, y Hoke, 2005) abarca la corrección atmosférica para imágenes multiespectrales e hiperespectrales para las bandas que registran los rangos desde el espectro VNIR hasta el SWIR. A diferencia de los métodos básicos de corrección atmosférica, determina parámetros de compensación atmosférica directamente desde la información contenida dentro de la escena (espectros de píxel observados), sin información auxiliar.

FLAASH (Matthew, Adler-Golden, Berk, Richtsmeier, Levine, Bernstein, Acharya, Anderson, Felde, Hoke, Ratkowski, Burke, Kaiser y Miller, 2000) es una herramienta básica de corrección atmosférica que corrige longitudes de ondas en los rangos de espectro visible, SWIR y NIR. A diferencia de muchos otros programas de corrección atmosférica que interpolan propiedades de transferencia de radiación desde una base de datos de modelos resultantes calculada previamente, FLAASH

incorpora el código de transferencia de radiación MODTRAN4. Las eliminaciones (recuperaciones) del vapor de agua y del aerosol son únicamente posibles cuando la imagen contiene bandas posicionadas en definidas longitudes de ondas. Además, FLAASH puede corregir imágenes registradas desde cualquier ángulo vertical (posición nadiral) o con geometría de visión oblicua.

QUAC permite una aproximación atmosférica mayor que FLAASH u otros métodos básicos con base física. Todo esto quiere decir que la velocidad de cálculo es significativamente más rápida comparada con los demás métodos. QUAC crea una imagen con la reflectancia superficial, escalada en codificación binaria entera, utilizando un factor de escala de reflectancia de 10 000. Para poder usar este método se deben conocer todos los parámetros relativos a las condiciones atmosféricas de la imagen, se calcula sólo una solución MODTRAN para cada imagen.

Para este trabajo, en el resultado final del mapa de coberturas de suelo no se necesitaba que se corrigiese por vapor de agua ni por aerosol, además la zona de proyecto era una composición de tres imágenes y para utilizar el módulo FLAASH era necesario conocer parámetros referidos al sensor, fecha, hora y altura de vuelo en el momento de la toma, intensidad de iluminación solar, y las coordenadas del centro de la imagen. Por todo esto, y porque es significativamente más rápido, se utilizó el módulo QUAC.

Para llevar a cabo la corrección atmosférica con este módulo, en primer lugar es necesario calcular el valor medio de la frecuencia del ancho para cada banda de la imagen de la zona de estudio. Se obtuvo la información necesaria de la página de GLOVIS y se calculó dicho valor. Se introdujeron estos parámetros y se ejecutó la corrección. A continuación se muestra la imagen resultante (Figura 4).

5) Análisis exploratorio

Uno de los objetivos de la investigación es ob-



Figura 4. Recorte de la zona de proyecto Mleiha-Khor Fakkan corregida atmosféricamente

tener cartografía de coberturas de suelo de la zona de estudio. Por ello se realizó una clasificación de la imagen. Antes de proceder a cualquier clasificación, es conveniente realizar un análisis exploratorio de los valores de reflectancia, con el fin de obtener alguna información adicional que facilite la clasificación. En este estudio, el análisis exploratorio realizado constó de las siguientes fases:

- Interpretación de combinaciones de bandas
- Definición de posibles clases existentes
- Análisis de firmas espectrales

Mediante el análisis visual de la composición de diferentes combinaciones de bandas, es posible obtener información, en principio fiable, de los posibles usos y coberturas presentes en la zona. Mediante la interpretación de las diferentes combinaciones, se observaron las siguientes categorías: Zona urbana, Cultivos, Roca excavada, Roca escarpada, Dunas arenosas, Agua y por último Vías de comunicación.

- Zona urbana: en la combinación de bandas (7, 6, 4) se observaron en color morado las zonas urbanas, también se apreció un realce en las zonas de vegetación que se encontraban próximas a las zonas urbanas, presentando una pigmentación verde, no obstante, también aparecía del mismo color la roca escarpada.
- Cultivos: en la combinación de bandas (5, 4, 3) resaltaba la vegetación de color rojo intenso, y se comprobó que se podía apreciar que casi toda la vegetación se encontraba en las zonas urbanas; no obstante no se diferenciaba muy bien la vegetación que se encontraba en la zona de roca escarpada.
- Roca excavada: en la combinación de bandas (6, 5, 2) resaltaba el material excavado, localizándose las minas y los lugares que habían sido excavados.
- Agua terrestre: en la combinación de bandas (5, 6, 4) se encontró un alto contraste entre el agua y la arena, de modo que permitía localizar las acumulaciones de agua.
- Infrarrojo de onda corta: en la combinación de bandas (7, 5, 4) se mostraban los emplazamientos de las zonas de vegetación de un color verde intenso, que permitía diferenciarla claramente en la zona de roca escarpada.
- Vías de comunicación: en la combinación de bandas (5, 4, 3) quedaban resaltados y diferenciados los caminos y las carreteras.

Los suelos desnudos ocupaban prácticamente la totalidad de la superficie. En ellos se podía apreciar la existencia de tres tipologías de coberturas del suelo teniendo en cuenta la geología y la geomorfología de la zona. Se clasificaron en tres grandes grupos: dunas

arenosas, depósitos coluviales, roca escarpada. Este análisis visual de la imagen de la zona de estudio, hizo posible definir una leyenda de las clases espectrales presentes en la zona, estableciendo unos primeros usos y coberturas del suelo posibles en la zona.

De este modo se definieron dos grandes grupos de clases: usos artificiales y usos naturales; abordándose cada grupo de manera independiente. En el resultado final de la definición de la leyenda entre usos y coberturas del suelo se diferenciaron nueve clases: seis de usos naturales (vegetación, hidrografía agua interior, hidrografía agua marina, suelos desnudos dunas arenosas, suelos desnudos depósitos coluviales y suelos desnudos roca escarpada) y tres de usos artificiales (zona urbana, zona excavada y vías de comunicación).

Una vez definidas las posibles clases existentes en la zona, es de interés realizar un análisis exploratorio de las curvas del valor digital de la imagen fusionada. Se obtuvo un gráfico con el contenido de reflectancia para cada canal de los posibles usos y coberturas de la zona y se validaron las clases seleccionadas previamente.

6) Clasificación de la imagen

La definición digital de clases implica categorizar una imagen multibanda. La imagen multibanda se convierte en otra imagen, de igual tamaño y características similares a las originales. La diferencia es que el valor que define a cada píxel ya no es la reflectancia, sino un nuevo nivel digital. Este nuevo nivel digital no tiene relación con la radianza detectada por el sensor, sino que se trata de una etiqueta que identifica la categoría asignada a ese píxel.

El método supervisado parte de un cierto conocimiento de la zona de estudio, adquirido por información previa o estudios de campo. Así el intérprete puede identificar una serie de áreas en la imagen suficientemente representativas de cada una de las categorías que componen la leyenda. A estas áreas se le denominan áreas de entrenamiento. Por otro lado la clasificación no supervisada hace agrupaciones automáticas en función del valor que toman los píxeles (Song, Woodcock, Seto, Lenney, y Macomber, 2001).

Se ensayó este proceso realizando una clasificación no supervisada de la imagen, pero no se obtuvieron resultados válidos. La imagen presentaba cantidad de tonalidades parecidas y por ejemplo las zonas de sombra se confundían con otras clases a las que no pertenecían. Por los resultados globales que se obtenían, se descartó la clasificación no supervisada para los fines del proyecto.

Para la realización de la clasificación supervisada se llevó a cabo una fase de entrenamiento para definir digitalmente las categorías. En esta fase se selecciona en la

imagen una muestra de píxeles que representen adecuadamente las categorías de interés. Suelen distinguirse dos tipos de clases: temáticas o informacionales y espectrales. Las primeras son las que constituyen la leyenda de trabajo, y las establece el usuario. Las segundas, corresponden a los grupos de valores espectrales homogéneos dentro de la imagen, en función de ofrecer una reflectancia similar, para las bandas consideradas. Éstas últimas se deducen de los valores de reflectancia presentes en la imagen. Idealmente habría de producirse una correspondencia biunívoca entre las dos, es decir que para cada clase de cobertura le debería corresponder un único grupo espectral. Normalmente esta situación no suele darse. En la clasificación supervisada lo que se pretende, como objetivo final, es definir clases temáticas, a partir de las clases espectrales obtenidas.

Como esta investigación se orienta hacia proyectos de ingeniería civil en territorios no estructurados, y territorios que no cuentan con documentación cartográfica previa al proyecto, la toma de datos en campo no se preveía. Se llevó a cabo el establecimiento de la leyenda de las clases temáticas presentes en la imagen, del modo indicando en el apartado anterior. Las clases espectrales definitivas, y el uso o cobertura que pudieran estar relacionado con ella fueron:

- Clase 1 (Vegetación)
- Clase 2 (Aguas interiores)
- Clase 3 (Agua marina)
- Clase 4 (Dunas arenosas)
- Clase 5 (Depósitos coluviales)
- Clase 6 (Roca escarpada)
- Clase 7 (Zona urbana)
- Clase 8 (Vías de comunicación)
- Clase 9 (Roca excavada)

En este proceso de clasificación, es preciso evaluar la viabilidad de que las categorías seleccionadas puedan clasificarse sin grave riesgo de error. Si se prueba que dos o más son muy similares habrá una gran probabilidad de confusión entre ellas, por lo que es aconsejable lo siguiente:

- Confirmar que las estadísticas de entrenamiento han sido obtenidas correctamente.
- Adoptar una leyenda más general, con nuevas categorías que supongan una mezcla de las que ofrecen mayor riesgo de confusión.

En esta investigación se obtuvieron las estadísticas de cada clase y el diagrama de signatura espectral correspondiente a las medias. Los estadísticos están constituidos por el valor medio de reflectancia para cada banda y por la desviación típica, que se refiere al grado de homogeneidad que aparece en torno a ese valor

La conclusión que obtenemos de este proceso de clasificación es que se trata de un método eficaz para identificar usos del suelo y materiales, pero ineficaz para determinar zonas artificiales de tamaño reducido. Se está trabajando con una imagen con resolución del píxel igual a 15 m y este tamaño no tiene por qué ser suficiente para poder definir los elementos artificiales mencionados. Antes de realizar la clasificación en busca de estos detalles hay que estudiar las dimensiones reales de los mismos en el territorio objeto del proyecto

central. En el diagrama de signatura el eje de abscisas recoge las bandas que intervienen en el análisis y en el eje de ordenadas los valores de reflectancia medios para esa categoría o clase. Líneas paralelas y próximas indican un probable solape entre categorías, mientras que cruces entre líneas manifiestan las bandas donde es más probable separar las categorías.

La mayor variación se localizó en las bandas correspondientes a la vegetación y al agua marina. En el gráfico se observó gran paralelismo entre líneas y por tanto existía probabilidad de solape entre las clases, y podían generarse conflictos en la clasificación.

Para llevar a cabo la clasificación de la imagen, en primer lugar hubo que definir el número de píxeles que se establecía para la selección en función del píxel semilla. Se identificaron los píxeles semilla para las nueve clases diferentes de usos, y se creó una nueva imagen con una única capa de salida, con la clasificación supervisada.

El resultado estaba lejos de ser el esperado. Las zonas urbanas ocupaban una extensión en la imagen clasificada que no se correspondía con la realidad. Ello podía deberse a una mala elección del píxel semilla. Para tratar de descartar este error se repitió el proceso varias veces eligiendo otras zonas pobladas como píxeles semilla para esta banda obteniendo resultados parecidos. Las zonas pobladas seguían sin corresponder con su representación en la realidad, y por lo tanto, debido a la imposibilidad de materializar éstas mediante la clasificación supervisada, se descartó en esta fase y se optó por una digitalización manual. Ha de recor-

darse que el tamaño del píxel era de 15 m, tamaño no suficiente para poder definir los elementos artificiales mencionados, en ambos casos menores de 15 metros. Las viviendas eran en su mayoría casas unifamiliares que ocupaban poca superficie.

La conclusión que obtenemos de este proceso de clasificación es que se trata de un método eficaz para identificar usos del suelo y materiales, pero ineficaz para determinar zonas artificiales de tamaño reducido. No podemos olvidar que estamos trabajando con una imagen con resolución del píxel igual a 15 m y este tamaño no tiene por qué ser suficiente para poder definir los elementos artificiales mencionados. Antes de realizar la clasificación en busca de estos detalles hay que estudiar las dimensiones reales de los mismos en el territorio objeto del proyecto.

Finalmente se consideró válida la clasificación supervisada realizada para identificar los suelos y se procedió a digitalizar de forma manual los elementos artificiales.

Este fenómeno se repitió en las clases *Vías de comunicación* y *Aguas interiores*, por lo que también se descartaron y fueron digitalizadas posteriormente. Se optó por realizar una nueva clasificación eliminando las dos clases indicadas, junto con la de *Aguas interiores*. Las clases de esta nueva clasificación quedarían así:

- Clase 1 (Dunas arenosas)
- Clase 2 (Depósitos coluviales)
- Clase 3 (Roca escarpada)
- Clase 4 (Roca excavada)
- Clase 5 (Cultivos)
- Clase 6 (Mar)

Dada la ineficacia de una clasificación automática en la modelización de la clasificación de las vías y las zonas urbanizadas, como se ha indicado se llevó a cabo una digitalización manual de las mismas. La capa de vías de comunicación se dividió a su vez en dos nuevas capas: *Carreteras principales* y *Carreteras secundarias*.

Finalmente también se recurrió a la digitalización manual para los depósitos aluviales debido a la imposibilidad de clasificarlos automáticamente.

7) Edición de cartografía temática

Una vez realizada la clasificación y definida la leyenda de coberturas del suelo, se procedió al diseño cartográfico para generar la cartografía general y la cartografía temática de coberturas superficiales. Para llevar a cabo la edición cartográfica se utilizó el programa ERDAS Imagine 2011. Se trasladó la imagen a la opción *MapView* y se definían las dimensiones papel de la composición final y las unidades de medida, la escala de trabajo y el área de la imagen que aparecería en

la cartografía, teniendo en cuenta el límite normal de percepción visual (0,2 mm) y el tamaño del píxel (15 m), además del tamaño de la imagen.

Posteriormente se definió un marco y una retícula asociada a la imagen. Ésta se realizó según las coordenadas de la proyección asociada al sistema de referencia (UTM) y huso 40; definiendo el paralelo y meridiano origen de la retícula, y el incremento de los meridianos y paralelos que la componen. Una vez definidos estos parámetros, el último paso fue determinar la información adicional contenida en la cartografía (Simonetti, Simonetti y Preatoni, 2014). Esta información fue la siguiente:

- Leyenda
- Escala gráfica
- Gráfico que represente la dirección y sentido del norte geográfico
- Información sobre la base cartográfica empleada y los procesos realizados
- Información sobre la autoría de su realización

Todas las cartografías obtenidas tienen una resolución espacial de 15 m, y están en el Sistema de Referencia WGS84 y Sistema de Proyección UTM para el huso 40 y hemisferio Norte.

8) Modelo de elevación digital

Finalmente se obtuvo un modelo de elevaciones de la zona del proyecto Mleiha Khor Fakkan, utilizando el sistema de observación espacial *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER), que posee la capacidad de capturar imágenes esteoscópicas de una misma porción de terreno. Esta capacidad puede ser aprovechada para la generación de modelos de elevación digital (DEM). Los modelos obtenidos permitirán la delimitación de cuencas hidrográficas y el cálculo de las principales características morfométricas del área de proyecto y su correlación con el soporte material de las obras proyectadas.

ASTER es un sistema de observación orbital puesto en funcionamiento desde 1999 como resultado de la cooperación entre la NASA, el Ministerio de Economía de Japón, el METI y el ERSDAC japonés y su propósito fundamental es el de monitorizar fenómenos relacionados con el medio ambiente y la explotación de recursos naturales. Al igual que el Programa Landsat es parte del sistema EOS (*Earth Observing System*).

La cobertura de una escena ASTER es de 61.5 km por 63 km. Las imágenes ASTER capturan información en 15 bandas del espectro electromagnético: cuatro en el espectro visible y el infrarrojo cercano (VNIR, 0.5 μm -1.0 μm) con 15 m de resolución espacial; seis en el in-

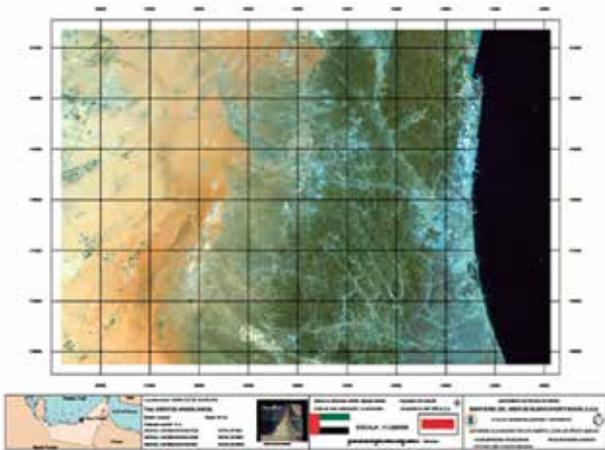


Figura 5. Documentación cartográfica de la zona de proyecto Mleiha-Khor Fakkan (E: 1:200.000)

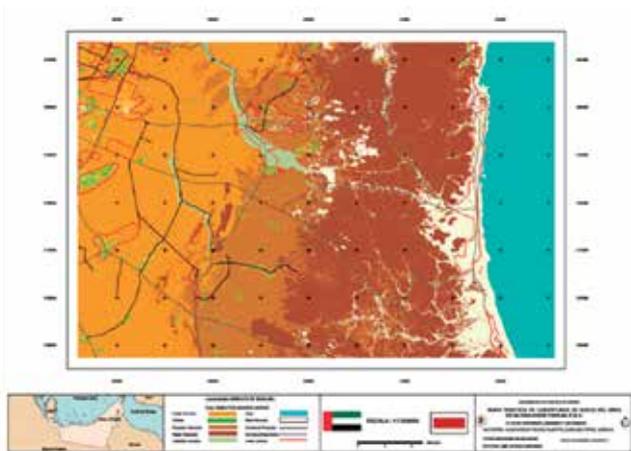


Figura 6. Cartografía temática de coberturas de suelos de la zona Mleiha-Khor Fakkan (E: 1:200.000)

frarrojo de onda corta (SWIR, $1.0\mu\text{m} - 2.5\mu\text{m}$) con 30 m de resolución espacial; y cinco en el infrarrojo térmico (TIR, $8\mu\text{m} - 12\mu\text{m}$) con una resolución espacial de 90 m.

Los archivos se descargaron desde la aplicación *Earth Explorer*. Para cubrir el territorio Mleiha-Khor Fakkan se disponía de cuatro DEM ASTER, con la información del Modelo Digital del Terreno. Cada imagen contiene dos archivos. Las imágenes utilizadas fueron las siguientes:

- *ASTGTM2_N24E055
- *ASTGTM2_N24E056
- *ASTGTM2_N25E055
- *ASTGTM2_N25E056

Para obtener el modelo de elevación se utilizó la aplicación ArcScene del programa ArcGis. Esta aplicación es un visualizador 3D que permite generar escenas con perspectiva en las que navegar e interactuar con la entidad 3D y los datos ráster. Basado en OpenGL, ArcScene admite simbología de línea 3D compleja y repre-

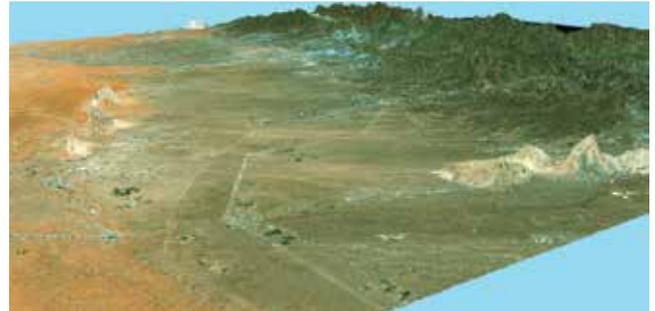


Figura 7. Zoom del modelo de elevación digital zona Mleiha-Khor Fakkan

sentación cartográfica de texturas, así como también la creación de superficies y la visualización de TIN. Al cargar todos los datos en la memoria permite funcionalidades de navegación, desplazamiento panorámico y zoom, con opciones de menú relativamente rápidas.

3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A partir de las cuatro escenas Landsat 8 y con el tratamiento indicado en el apartado anterior, se ha obtenido documentación cartográfica a diferentes escalas, sin realizar toma directa en campo, sin desplazamientos a los lugares de interés. En concreto, a partir de las escenas indicadas y con el procesamiento digital de las mismas, los resultados obtenidos fueron los siguientes.

- Cartografía de límites administrativos de Emiratos Árabes Unidos (E: 1:1.125.000).
- Documentación cartográfica del Emirato de Sharjah a partir de imágenes de satélites Landsat 8 (E: 1:250.000)
- Documentación cartográfica de la zona de proyecto Mleiha-Khor Fakkan (E: 1:200.000) (Figura 5).
- Documentación cartográfica de localización de yacimientos arqueológicos de la zona de proyecto Mleiha-Khor Fakkan (E: 1:200.000)
- Cartografía temática de coberturas de suelos de la zona de proyecto Mleiha-Khor Fakkan (E: 1:200.000). (Figura 6)
- Cartografía temática de coberturas de suelos de la zona Mleiha-Khor Fakkan (E: 1:75.000).
- Cuatro planos de detalle de las zonas arqueológicas de Sharjah y de la localización de sus yacimientos (E:1:75.000) que iban a ser intercomunicadas mediante la obra de ingeniería del proyecto:
 - Zona arqueológica Buhais – Filli.
 - Zona arqueológica Mleiha – Faya
 - Zona arqueológica Mleiha – Faya – Buhais – Filli
 - Zona arqueológica WadiHelo – Kalba

Los resultados obtenidos a partir de los datos ASTER, tratados en la aplicación ArcScene, fue el modelo digital del territorio Mleiha-Khor Fakkan (Figura 7).

4. DISCUSIÓN

En esta investigación se plantea el uso de las imágenes satelitales Landsat 8, y se formula la hipótesis de que mediante esta tecnología de adquisición de datos, es posible documentar cartográficamente zonas geográficas extensas, para proyectos de ingeniería civil.

Las herramientas utilizadas y los resultados cartográficos obtenidos, demuestran el enorme potencial de estas técnicas, con productos métricos a escala 1:75.000 y escalas menores. La metodología expuesta, en la que no se prevén visitas previas, hace viable dotar de cartografía a territorios no estructurados carentes de mapas territoriales, o a aquellos territorios en los que la cartografía no esté a disposición civil. La gran ventaja de estos métodos no invasivos radica tanto en la calidad métrica de los productos finales, como en la gratuidad de las bases de datos disponibles en Internet, para el público en general o para fines de investigación, destacando la información cualitativa y cuantitativa que contienen.

AGRADECIMIENTOS

Las imágenes Landsat-8 han sido cortesía del U.S. Geological Survey. La página web del USGS es <http://www.usgs.gov>.

REFERENCIAS

- Bernstein, L., Adler-Golden, S., Sundberg, R., Levine, R., Perkins, T., Berk, A., Ratkowski, A., Felde, G. y Hoke, M. (2005). *A New Method for Atmospheric Correction and Aerosol Optical Property Retrieval for VIS-SWIR Multi- and Hyperspectral Imaging Sensors: QUAC (QUick Atmospheric Correction)*. En: Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. July 25-29 (pp. 3549-3552). Seoul, Korea.
- Domínguez Gomez, J.A. Chao Rodriguez, Y. Marcos Martín, C. y Delgado Rojas, G. (2011). *Estudio en aguas continentales mediante teledetección*. Madrid: UNED.
- Hadjimitsis, D. (ed.) (2013). *Remote Sensing of Environment - Integrated Approaches*. Cyprus: InTech.
- Liu J. (2000). *Evaluation of Landsat-7 ETM+ panchromatic band for image fusion with multispectral bands*. Natural Resources Research (Vol. 9, No. 4), pp. 269-276.
- Matthew, M. W., S. M. Adler-Golden, A. Berk, S. C. Richtsmeier, R. Y. Levine, L. S. Bernstein, P. K. Acharya, G. P. Anderson, G. W. Felde, M. P. Hoke, A. Ratkowski, H.-H. Burke, R. D. Kaiser, y D. P. Miller, (2000). *Status of Atmospheric Correction Using a MODTRAN4-based Algorithm*. SPIE Proceedings, Algorithms for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery (Vol VI. 4049), pp. 199-207.
- Simonetti, E., Simonetti, D. y Preatoni, D. (2014). *Phenology-based land cover classification using Landsat 8 time series*. European Commission Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability.
- Song, C., Woodcock, C., Seto, K., Lenney, M., y Macomber, S. (2001). *Remote Sensing Environmental*. (Vol.75), pp. 230-244.

Sobre los autores

Mercedes Farjas Abadía

Catedrático de E.U. en la Universidad Politécnica de Madrid, es Ingeniero en Geodesia y Cartografía e Ingeniero Técnico en Topografía por la UPM, además de Licenciado y Doctor en Ciencias de la Educación por la UNED.

José Antonio Domínguez Gómez

Investigador en el Department Applied Geoinformatics and Spatial Planning, de la Faculty of Environmental Sciences de la Czech University of Life Sciences de Praga, en la República Checa; es licenciado en Física por la Universidad de Valladolid, Doctor en Ciencias Ambientales por la Universidad de Alcalá de Henares y Máster en Teledetección, SIG y Cartografía por la Universidad de Alcalá de Henares.

Alejandro Picazo Huerta

Alumno egresado de la titulación de Ingeniería Técnica en Topografía de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Cartografía y Geodesia de la Universidad Politécnica de Madrid.

Carlos Pérez Jimeno

Alumno egresado de la titulación de Ingeniería Técnica en Topografía de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Cartografía y Geodesia de la Universidad Politécnica de Madrid.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<!--Parcela Catastral de la D.G. del
<gml:FeatureCollection gml:id="ES.SDGC
<gml:featureMember>
<cp:CadastralParcel gml:id="ES.SDGC.CP
<gml:boundary>
<gml:Envelope sName="urn:ogc:def:crs:EPSG:31466"
<gml:lowerCorner>431028.75 4179940
<gml:upperCorner>431126.17 4180027
</gml:Envelope>
</gml:boundary>
<cp:areaValue uom="m2">5220</cp:areaValue>
<cp:beginLifespanVersion>2010-03-24T00:00:00</cp:beginLifespanVersion>
<cp:endLifespanVersion xsi:nil="true" />
<cp:geometry>
<gml:MultiSurface gml:id="MultiSurface"
<gml:surfaceMember>
<gml:surface gml:id="surface_ES.SDGC.CP"
<gml:patches>
<gml:PolygonPatch>
<gml:exterior>
<gml:LinearRing>
<gml:posList srsDimension="2"
</gml:LinearRing>
</gml:exterior>
</gml:PolygonPatch>
</gml:patches>
</gml:surface>
</gml:surfaceMember>
</gml:MultiSurface>
</gml:geometry>
</cp:CadastralParcel>
</gml:featureMember>
</gml:FeatureCollection>
```



Aplicación para la generación de archivos GML conforme a lo establecido en las Resoluciones 11652 y 11655 de 26 y 29 de Octubre 2015.

LEY 13/2015

Generación GML

Aplicación para generación de GML [POLITICA DE USO](#)

Titular

EMPRESA:

Web:

E-mail:

Parcela/s catastral/es Parcela discontinua Edificio

CARACTERISTICAS DE LA APLICACIÓN

- PARCELA CATASTRAL
- PARCELA DISCONTINUA
- MULTI-PARCELA
- MULTI-ISLA
- MULTI-PARCELA CON MULTI-ISLA
- DISCONTINUA CON ISLAS

- EDIFICACIÓN
- EDIFICIO MULTI-RECINTOS

<GENERA TUS GML DESDE TU PLATAFORMA CAD>

GML Parcela Catastral

Datos de la parcela

Ref Catastral/Identificador:

Referencia Catastral

Alta nueva

Fecha de dibujo (año-mes-día):

Islas interiores

Indique si existen islas interiores

Si No

Número de islas:



Integración de datos cartográficos de diferentes fuentes y precisión para construcción de Modelo Digital del Terreno (MDT)

REVISTA **MAPPING**
Vol. 25, 178, 24-29
julio-agosto 2016
ISSN: 1131-9100

Cartographic data integration and accuracy of different sources for construction of digital terrain model (DTM)

Divaldo Domingos da Silva, Rodolfo Ríos Hernández

Resumen

En el artículo se discuten criterios de integración de datos cartográficos de diferentes fuentes para la construcción de MDT a partir de resultados obtenidos en la cuenca de Marçal, Luanda-Angola, con el propósito de emplearse en los procesos de simulación hidrológicos en ambientes urbanos.

El área se caracteriza por ser relativamente pequeña (área = 0,759 km²), con escasa información altimétrica en la carta topográfica a escala 1:25 000, como una zona llana, exigiendo hacer uso de todas las fuentes alternativas de datos disponibles. La estrategia seguida se basó primero en formular y luego satisfacer los requisitos exigidos al modelo. La necesidad de alcanzar alta resolución espacial condiciona la necesidad de utilizar cantidad de puntos suficientes para satisfacer los requisitos cartográficos de puntos por unidad de área del levantamiento (Da Silva, 2014).

Se tomó como referencia los datos cartográficos a escala 1:25 000 del Instituto de Geodesia e Catastro de Angola (IGCA), se recopilaron datos topográficos adquiridos por diferentes instituciones (Gobierno Provincial de Luanda (GPL), Unidad Técnica de Gestión y Saneamiento de Luanda UTGSL), de manera que se cumplieran los requisitos de planimetría y altimetría normalmente establecidos y que además pudiera ser validado por el método de validación recíproca.

Abstract

Article mapping criteria integrating data from different sources for the MDT construction from results obtained in the Marçal basin, Luanda-Angola, in order to be used in the simulation of hydrological processes in urban environments are discussed.

The area is characterized by relatively small (area = 0.759 km²), with little altimetry information on the topographic map at 1:25 000 scale, such as a flat area, requiring use of all alternative sources of data available. The strategy followed was first formulated and then relied on satisfy the requirements of the model. The need to achieve high spatial resolution determines the need for enough points to meet the mapping requirements of points per unit area of the uprising (Da Silva, 2014).

Reference was made to the map data at 1:25 000 scale of the Institute of Geodesy and Cadastre of Angola (IGCA), topographic data acquired by different institutions (Provincial Government of Luanda (GPL), Technical Unit Sanitation Management and Luanda were collected UTGSL), so that flatness requirements are met, altimetry normally established and could also be validated by the validation method reciprocal.

Palabras clave: *integración, datos cartográficos, diferentes fuentes, construcción de MDT.*

Keywords: *integration, mapping data, different sources, construction of MDT.*

ISPTEC - Instituto Superior Politécnico de Tecnologías e Ciências Talatona, Luanda – Angola

divaldo.silva@isptec.co.ao

ISPK - Instituto Superior Politécnico de Katangogi

Benfica - Viana, Luanda – Angola

rodolfoh1950@gmail.com

Recepción 22/07/2015
Aprobación 04/04/2016

1. INTRODUCCIÓN

Para la construcción y procesamiento del Modelo Digital del Terreno (MDT), se han desarrollado y empleado numerosos procedimientos, pudiéndose considerar como método matemático más moderno el que emplea como base la Geo-estadística, creado para la interpolación de datos espaciales en el estudio de yacimientos de minerales, siendo extendido a la interpolación de atributos espaciales diferentes, entre ellos el relieve, con resultados altamente confiables (Li, 2005).

Para la creación de los MDT a partir de datos fotogramétricos: se realizan dos tipos de levantamientos, fotogramétricos basados en plataformas aéreas y satelitales.

La fotogrametría facilita la obtención de datos del terreno para la construcción del MDT, mediante dos procedimientos alternativos e independientes:

- a. El empleo de equipos estéreo restituidores que garantizan precisiones de primer, segundo orden y superior en el caso de la Fotogrametría Digital.
- b. Mediante ortofotos, donde el principio de la transformación diferencial consiste en la rectificación del modelo estereoscópico punto a punto de manera aproximada, facilita también con un adecuado método de registro y almacenamiento, creando una fuente de información para el MDT.

La creación de los MDT se realizan y complementan a partir de otras fuentes de datos, entre estas los levantamientos: topográficos tradicionales, taquimétricos, con GPS, de Radargrametría, de interferometría SAR, basados en láser y finalmente, la digitalización de mapas existentes. Cualesquiera que sean las fuentes pueden clasificarse, según su forma de ejecución, en manual y automatizada (Cea, 2009).

Debido a la evolución de las tecnologías de la información, actualmente se encuentra a disposición del usuario gran cantidad de datos de diferente índole y formatos. A la hora de obtener un producto cartográfico, se plantea por lo tanto la necesidad de consultar e integrar diferentes informaciones, en distintos sistemas, buscando que sean compatibles con cada tipo concreto de datos.

2. DESCRIPCIÓN Y FUENTES DE ADQUISICIÓN DE LOS DATOS ALTIMÉTRICOS

Los datos cartográficos a escala 1:25 000, tomados como referencia, se recopilaron a partir de datos topo-

gráficos adquiridos por diferentes instituciones (Gobierno Provincial de Luanda, Unidad Técnica de Gestión y Saneamiento de Luanda, UTGSL) y presentados en diferentes soportes (tablas y dibujos) y formatos (*.DWG, *.DXF, *.XLS, *.TXT), referidos todos al barrio Marçal. Se dispuso de datos de curvas de nivel, identificados como CN, de puntos aislados, identificados como DW y de datos tabulados, identificados como XL.

Acuerdo con Hutchinson y Gallant (1999) pueden ser reconocidas tres clases principales de fuentes de datos de elevación las cuales son aplicables a diferentes técnicas de generación de MDT: puntos acotados, curvas de nivel y datos de elevación de sensoramiento remoto aéreo y orbital.

Puntos acotados específicos de la superficie, incluyendo puntos altos y bajos, forman una fuente de datos ideales para la mayoría de las técnicas de interpolación, inclusive en los métodos de triangulación y de la geo-estadística (Krigage) especialmente adaptados. Estos datos pueden ser obtenidos a través de levantamientos topográficos y manualmente a través de modelos estéreo fotogramétricos. Con el surgimiento de los GPS (Global Positioning System), los levantamientos en el campo de puntos con precisión fueron ampliamente facilitados.

Un mapa de isolíneas es la representación de la superficie por medio de curvas de isovalores. Estas son llamadas curvas de nivel cuando representan altitudes. Las curvas de nivel todavía son la fuente de datos altimétricos más común cuando se trata de grandes áreas. La mayoría de estos datos son digitalizados a partir de los mapas topográficos existentes que son la única fuente de datos altimétricos para algunas regiones del mundo. Curvas de nivel también pueden ser extraídas automáticamente de modelos estéreo fotogramétricos, no obstante el método está sujeto a errores (Hutchinson y Gallant, 1999). En la determinación de MDT a partir de datos puntuales y/o curvas de nivel el procedimiento para la generación de MDT necesita ser conducido tanto por la naturaleza de la fuente de los datos, así como por las aplicaciones planeadas. Para la mayoría de las aplicaciones, la representación precisa de la forma de la superficie y de las estructuras de drenaje, son más importantes que la precisión de la elevación absoluta, particularmente en áreas con bajo relieve (áreas de topografía llana). Acuerdo con Felgueiras (2004) el proceso de generación de MDT que posee como fuente de datos puntos y/o curvas de nivel puede ser resumido en tres etapas denominadas: adquisición de las muestras o muestraje, modelaje y aplicaciones.

Los datos de los MDT están representados por las coordenadas x, y, z, lo que no es más que la selección y

adquisición del conjunto de muestras que representan el fenómeno a ser modelado. Tratase aquí de muestras con puntos acotados. Las curvas de nivel vectorizadas pueden ser vistas no solo como contornos de una determinada altitud, sino también como una secuencia de puntos con coordenadas x , y del mismo valor en z (puntos acotados). Esas muestras pueden estar distribuidas de manera regular, semiregular, irregular o dispersa (Felgueiras, 2004).

3. MÉTODO DE INTERPOLACIÓN

De acuerdo con Burrough (1998) la interpolación es el procedimiento de predecir valores de atributos en locales sin muestras de medidas. La predicción de valores de un atributo en locales fuera del área de cobertura de las observaciones existentes se denomina extrapolación.

La interpolación es usada para convertir datos de observaciones puntuales para campos continuos de forma que los patrones espaciales formados por estas mediciones pueden ser comparados con los patrones espaciales de otras entidades espaciales. De esta forma la interpolación es necesaria cuando: a) una superficie discretizada tiene un nivel diferente de resolución, tamaño del píxel u orientación, o b) una superficie continua es representada por un modelo de datos que es diferente del exigido, o c) los datos no cubren completamente el dominio de interés.

Un método de interpolación que predice un valor de atributo a un punto de muestra idéntico al valor medido se denomina interpolador exacto. Esta es la situación ideal, porque solo ocurre con datos puntuales donde se tiene conocimiento directo del atributo en cuestión. Todos los otros métodos son interpoladores inexactos. Las estadísticas de las diferencias (absolutas y cuadráticas) entre valores de mediciones de datos puntuales $z'(xi) - z(xi)$ (donde $z'(xi)$ = valor del atributo interpolado e $z(xi)$ = valor del atributo medido) son frecuentemente usadas como un indicador de la calidad de un método de interpolación inexacto (Burrough, 1998).

Para obtener una interpolación en la cual el valor del punto interpolado sea semejante a los valores medios próximos a él, se emplean los métodos locales de interpolación que usan directamente las informaciones de los datos puntuales más próximos. Para esta aproximación, la interpolación envuelve: la definición de un área de búsqueda o de vecindad alrededor del punto a ser empleado, el encuentro de datos puntuales dentro de esta (área) barrio, la selección de una función matemática para representar la variación en torno a este

número limitado de puntos y la evaluación del punto. Este procedimiento debe repetirse hasta que todos los puntos en la *grid* sean procesados. Se precisa también analizar el tipo de función de interpolación a ser usada; el tamaño, forma, y orientación del (área) barrio (vecindad); el número de datos puntuales; la distribución de datos puntuales: regular o irregular; la posible incorporación de información externa en tendencias o de dominios diferentes.

4. CONTROL DE LA CALIDAD DEL MDT CONSTRUIDO CON DATOS DE DIFERENTES FUENTES

La precisión del MDT es un asunto de interés tanto de sus productores como de los usuarios. De los tres factores a ser considerados en la construcción de los MDT (precisión, eficiencia y economía), la precisión es el más importante por el hecho de que al no ser conocida en el MDT implicaría el rehacer del proceso, así la economía y eficiencia sería afectada al final. Un MDT es una representación tridimensional de la superficie terrestre. Algunos errores están presentes en las tres dimensiones de coordenadas espaciales (X , Y , Z) de los puntos que existen en la superficie del MDT. Dos de las coordenadas (X , Y) son combinadas para obtener el error planimétrico (horizontal) mientras la tercera es la dirección vertical (Z) y es tratada como el error de elevación (o altitud) (Li et al, 2005).

Una alternativa de aproximación es la evaluación de la precisión vertical y horizontal, para caracterizar la precisión en las tres dimensiones necesarias. Ley (1986) y Li et al. (2005) sugirió usar una comparación de las medias del declive entre la superficie del MDT y las de la superficie del terreno original. Otros también consideraran el uso de parámetros geomorfométricos como son puntos y líneas características del terreno. Sin embargo, no hay consenso. La evaluación de la precisión vertical sigue siendo la más utilizada entre los diferentes autores, desconociendo la precisión horizontal.

5. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Para la integración de estos datos inicialmente se hizo necesario un pre-procesamiento, con el que se asegurara la compatibilidad planimétrica de los datos. El pre-procesamiento consistió primero en transformar o representar los datos presentados originalmente en

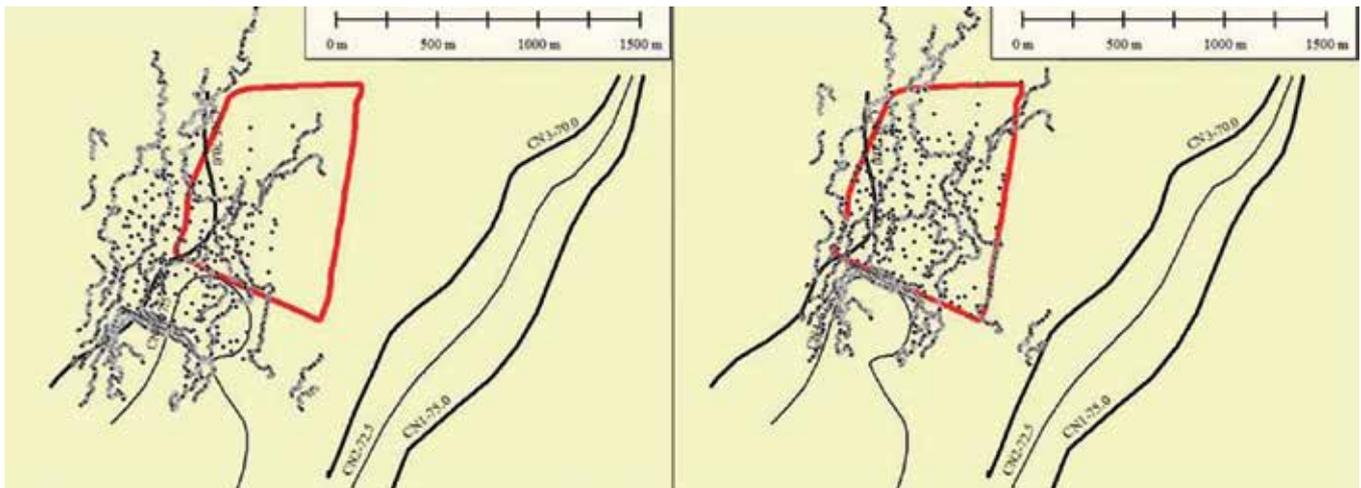


Figura 1. Superposición de datos de diferentes fuentes de origen, tomando como referencia la cartografía 1:25000. Fuente: (Da Silva, Escartín et al. 2014a)

forma de curvas de nivel, mediante puntos aislados, que coinciden con los nodos de las curvas. Los datos de curvas de nivel son los más abundantes (3 645 puntos), pero se extienden en un área más allá de los límites del barrio Marçal. Las diferencias en los valores medios de las cotas de las tres fuentes no superan los 25 cm, lo cual ha sido interpretado como que todos los datos están calificando adecuadamente la altimetría de la misma zona de interés. Con este artificio se garantizó la compatibilidad planimétrica ya que inicialmente se descubrió una incompatibilidad planimétrica, consistente en diferencias en la proyección cartográfica utilizada por el procesamiento, al ser llevados los datos de todas las fuentes a la misma proyección cartográfica: UTM, zona 33 Sur, datum Camacupa (European_Petroleum_Survey_Group_EPSG 2013).

La Figura 1 muestra el gráfico de la superposición de datos de diferentes fuentes de origen. A la izquierda, antes del pre-procesamiento (datum de los puntos: WGS84, diferente del datum de la cartografía 1:25 000); a la derecha, después del reprocesamiento (datum de los puntos: Camacupa, el mismo de la cartografía 1:25 000) (Da Silva y Escartín et al., 2014a).

La evaluación de la calidad de la compatibilidad alti-

métrica de los datos provenientes de diferentes fuentes resultó necesaria, una vez asegurada la compatibilidad planimétrica de los datos. Se pudo inferir que los datos provenientes de las tres fuentes tienen valores de cotas medias similares y que las desviaciones estándar también se podían considerar similares, teniendo en cuenta la cantidad de puntos aportados por cada fuente, y la extensión espacial de los datos de cada fuente, como se muestra en los resultados alcanzados en la Tabla 1. Los valores comparables de las desviaciones estándar y el resto de los estadígrafos refuerzan este criterio.

Para la validación recíproca se escogieron tres puntos, uno de cada fuente de origen, localizados, respectivamente, al norte, centro y sur del barrio Marçal. La observancia de las pequeñas diferencias entre los valores observados y predichos de las cotas. La presencia de diferencias positivas y negativas es un indicio de la aleatoriedad de los residuos o errores cometidos en el modelo. Aunque la calidad de la validación se mejora en la medida que se utilicen más puntos, la poca cantidad de puntos con que se contaba inicialmente impidió aplicar el método con mayor énfasis, además la evaluación de los residuos a las diferencias entre las cotas de los

Estadígrafo	Curvas de Nivel CN	Puntos Aislados de Dibujo DW	Puntos Tabulados XL
Cota media	69,479561	69,5168067	69,7167606
Desviación estándar	1,04163166	0,64942208	0,70517632
Recorrido	5,5	3,3	3,3
Mínimo	66,0	67,6	67,8
Máximo	71,5	70,9	71,1
Conteo	3645	119	71

Tabla 1. Resumen del análisis estadístico de los datos altimétricos. Fuente: (Da Silva y Escartín et al. 2014a)

Punto	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z obs.	Coord. Z pred.	Residuo Zobs- Zpred
1 (CN)	308740,769	9024675,606	69,0	69,154	-0,154
2 (DW)	308587,754	9024289,511	68,8	68,827	-0,027
3 (XL)	308749,141	9025119,262	68,6	68,545	0,055

Tabla 2. Resultados de la validación recíproca del MDT. Fuente: (Da Silva, Escartín et al. 2014a).

Estadígrafo	Valor
Residuo Medio	0,000944
Error típico	0,003754
Mediana	-0,00665
Moda	-0,0604
Desviación estándar	0,146466
Varianza de la muestra	0,021452
Mínimo	-0,6695
Máximo	1,5097
Suma	1,4372
Cuenta	1522

Tabla 3. Resumen del análisis estadístico de los residuos. Fuente: (Da Silva, Escartín et al. 2014a).

datos observados y las cotas, para esos mismos puntos planimétricos, estimadas mediante la interpolación.

Para definir la altimetría se recomiendan densidades que estén entre 25 a 100 puntos por hectárea para equidistancias de 1 a 0,5 m, respectivamente (Lemohtov, 1978 y Da Silva, 2015), que es suficiente para alcanzar las precisiones para las que están elaborados los planos a escala 1:2 000; es decir, la tercera parte de la equidistancia como se expresó anteriormente. Entonces puede asegurarse que el MDT del barrio Marçal, elaborado con un error medio cuadrático de 0,12 m en la altimetría garantiza la exactitud requerida para estos trabajos.

La Tabla 2, presenta el resumen del análisis estadístico descriptivo de los residuos obtenidos y la Tabla 3 muestra el resultado de la validación recíproca aplicada al juego de datos provenientes de diferentes fuentes.

6. CONCLUSIONES

Para el análisis de la similitud de las cotas medias de los puntos provenientes de cada fuente de datos, así como el estudio de las desviaciones estándar que nos permitan tener criterios sobre la integración de

los datos de las diferentes fuentes, teniendo en cuenta la cantidad de puntos aportados por cada fuente, y la extensión espacial de los datos de cada fuente, para la validación recíproca, se escogieron tres puntos, uno de cada fuente de origen, localizados, respectivamente, al norte, centro y sur del barrio Marçal, además se realizó la evaluación de los residuos de las diferencias entre las cotas de los datos observados y las cotas de esos mismos puntos planimétricos estimadas mediante la interpolación. La integración de datos cartográficos de diferentes fuentes y precisión para la construcción de productos cartográficos (MDT) usada en la cuenca de Marçal, puede ser usada en el proceso de simulación hidrológico en un ambiente urbano.

REFERENCIAS

Burrough, P. A. (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford: Oxford University, CENTENO, Jorge A. S; Filho, Carlos A. Z; (2004). *Análise da qualidade de informações altimétricas geradas pelo sistema ASTER*. In: CD Anais do I SIMGEO – I Simpósio de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação, Recife.

- Cea, L. P., J.; Vázquez-Cendón, Ma. E; (2009). *Evaluación de corrientes litorales y frentes de marea mediante modelización bidimensional en rías y desembocaduras de ríos*.
- Da Silva, D. D., et al. (2014a). *Creación del modelo digital de elevaciones de una zona urbana para la simulación hidrológica*. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. La Habana, Cuba. Vol. XXXV, No. 2: p. 123-137.
- Da Silva, D. D (2015). *Estrategia para el diseño de redes de drenaje pluvial, empleando la modelación matemática, para su aplicación en la ciudad de Luanda*. Facultad de Ingeniería Civil. La Habana, Cuba, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae. Tesis Doctoral.
- European_Petroleum_Survey_Group_EPSG (2013). *Base de Datos de Parámetros Geodésicos*. EPSG, EPSG.
- Felgueiras, C. A. Modelagem numérica de terreno. (2004). In: *Introdução a Ciência da Geoinformação*. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap7-mnt.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2004.
- Hutchinson, M. F.; Gallant, J. C. (1999). *Representation of terrain*. In: Longley, Paul A. Geographical information systems: principles, techniques, applications, and management. 2ª ed. New York: John Wiley, v.1. p. 105-124
- Lemohtov, L. y. M., Y (1978). *The use of digital terrain model for outmatted relief drawing*. USSR, National Committee of Photogrammetry of the USSR
- Ley, R. (1986). *Accuracy assessment of digital terrain models*. Auto-Carto London, 1:455- 464
- Li, Z., Zhu, Q., Gold, Christopher (2005). *Digital Terrain Modeling – Principles and Methodology*. CRC Press.

Sobre los autores

Divaldo Domingos da Silva

Profesor Universitario, especialidad: Ingeniero Civil, Categoría Científica, Doctor en Ciencias Técnicas. Desarrolla su trabajo en el Instituto Superior Politécnico de Tecnologías e Ciencias, Luanda, Angola. Imparte las asignaturas de Resistencia de los Materiales I y II; y Estabilidad de las estructuras I, II y III, dentro de la cátedra de la Mecánica de la Construcción. Las asignaturas de Hidráulica general, Sistema de abastecimiento de aguas, redes colectora de esgotos residuales y Pluviales dentro de la cátedra de aguas. De las investigaciones realizadas, se destaca la «Estrategia para el diseño de redes de drenaje pluvial aplicando la modelación matemática para su aplicación en la ciudad de Luanda, enero 1025».

De las publicaciones de artículos se destaca «Estimación de caudales máximos en una cuenca urbana de Luanda y modelo digital de elevaciones de una zona urbana para la simulación hidrológica».

Rodolfo Ríos Hernández

Profesor, Ingeniero Geodesta, Profesor Titular, Doctor en Ciencias Técnicas. Ha dedicado la mayor parte de su vida laboral a la docencia de nivel superior, transitando desde profesor hasta Jefe de Cátedra o Departamento Docente. Ha impartido todas las asignaturas que se corresponden con la preparación de un Ingeniero en Geodesia, Cartografía o Topografía. Ha dirigido la especialidad de Geodesia, Cartografía y Catastro a nivel nacional. Ha participado en eventos nacionales e internacionales en temas relativos a la especialidad como son: Conferencias de los Servicios Geodésicos de los países Socialistas; Infraestructuras de

Datos Espaciales; Seminarios Internacionales de Catastro; Desarrollo de la información sobre políticas de suelos; Valoración de Activos Urbanos y la Movilización de Plusvalías. Ha dirigido Comisiones Nacionales e Internacionales sobre temas específicos de la especialidad. Ha prestado asesoría en el extranjero e impartido clases en Angola. Ha ocupado responsabilidades en comisiones y órganos académicos como son: La Comisión de Geodesia de los Servicios Geodésicos de los países socialistas, Coordinador del tema científico desarrollo de la Geodesia en Cuba; Miembro de diferentes Consejos Científicos nacionales y extranjeros; Secretario y luego Presidente del Tribunal Permanente para los Grados Científicos de Geodesia y Cartografía, Coordinador de la Maestría en Geografía Militar; Miembro de la Comisión de Evaluación de Maestrías del MES de Cuba; Miembro del Tribunal de Categorías Docentes Principales de la Facultad de Ingeniería Civil; Vicepresidente de la Comisión Nacional de Catastro; Miembro de la Comisión Nacional de Nombres Geográficos; Vicepresidente Comisión Nacional de la Infraestructura de Datos Espaciales; Responsable de la Coordinación y Ejecución de la Inversión Estatal para la creación del Mapa Topográfico Digital a escala 1:25 000 de la República de Cuba. Ha dirigido tesis de Doctorados y Maestrías sobre el Desarrollo de Redes Geodésicas; Geodesia Aplicada; Ajuste de Redes Geodésicas; Determinación de la Influencia de los factores Atmosféricos en las Mediciones Geodésicas, entre otras. Ha recibido más de 20 cursos de posgrado en Cuba y el extranjero y ha impartido 12 cursos de postgrado en Cuba y el extranjero. Ha desarrollado o participado en 13 investigaciones fundamentales avaladas con resultados científicos. Tiene publicados varios manuales de estudio y libros sobre la especialidad y más de 20 artículos de carácter científico.

Portal «Geomático - Educativo y de Negocios» para la integración del RFID y el GPS mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG)

REVISTA **MAPPING**
Vol. 25, 178, 30-40
julio-agosto 2016
ISSN: 1131-9100

“Geomatics - Educational and Business” gate for the RFID and GPS integration by a Geography Information System (GIS)

William Ernesto Camilo Reynoso, Luis Joyanes Aguilar,
Lillyana Girardo Marín, Ruben Javier Medina

Resumen

La presente investigación se establece sobre unas estructuras tecnológicas asistidas por mecanismos, enfocados a la Gestión Medioambiental, la Gestión del Conocimiento y al Emprendedurismo Universitario, con escenarios en los Centros Pymes Asociados a la Academia. Nos interesa hacer aportes significativos para una solución tecnológica integral que mejoren nuestro currículo mediante un enfoque en el Desarrollo de Competencias Profesionales, el Emprendimiento Productivo y el Alineamiento Constructivo. Se pretende plantear con ello los medios «académicos-laborales» para la generación de riquezas, y para la potenciación de los valores éticos. Mediante la concreción de un Modelo «Geomático, Educativo, y de Negocios» ecléctico y funcional, se esperan tales resultados. El referido modelo establece estrategias funcionales de trabajo colaborativo en el colectivo docente-discente-empresarial, asistido con una red geomática de RFID y GPS integrados en un Sistema de Información Geográfica (SIG) que contenga tres dimensiones integradoras a saber: la Educativa, la Tecnológica y la de los Negocios. Como eje transversal de la estructura de integración se hace uso de las telecomunicaciones electrónicas y el APRS como medios para implementar las estrategias de automatización y los algoritmos computacionales para las actividades contempladas en el Modelo de Gestión Académica de nuestra Escuela de Ingeniería de Unapec.

Palabras clave: portal geomático, Gestión del Conocimiento y los Negocios, Gestión Medioambiental - Emprendedurismo Universitario, Centros Asociados.

Abstract

This research is established on technological structures assisted mechanisms, focused on environmental management, the knowledge management and university entrepreneurship, with scenarios in the Pymes associated Academy Centers. We want to make a contribution for a technological solution and integral contributions that improve our curriculum with a focus on the development of professional skills, the productive entrepreneurship and constructive alignment. Intends to raise with this media “Academics-labors” for the generation of wealth, and the promotion of ethical values. Through the completion of a Model “Geomatics, Education, and Business” eclectic and functional, such results are expected.

The referred model establishes functional strategies of collaborative work in the collective teacher-student-business, a network-assisted geomatics of RFID and GPS integrated into a Geographic Information System (GIS) containing three dimensions inclusive namely: the education, the technology and the business. As transversal axis of the integration structure is made use of electronic telecommunications and the APRS as a means to implement automation strategies and computational algorithms for the activities referred to in the model of academic management from our Unapec Engineering School.

Keywords: geomatics gate, Knowledge Management and Business, Environmental Management - Entrepreneurship University, Associate Centres.

Facultad de Ingeniería, Universidad Apec, Santo Domingo,
República Dominicana

wcamilo@unapec.edu.do

Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura,
Universidad Pontificia de Salamanca, Madrid, España

joyanes@gmail.com

Jefa Programa Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingenierías,
Universidad de Medellín, Colombia

lmgirardo@udem.edu.co

Docente en la Universidad Distrital Francisco José Caldas,
Bogotá D.C., Colombia

jmedina@gmail.com

Recepción 05/11/2015
Aprobación 09/05/2016

1. INTRODUCCIÓN

Se subrayan como los siguientes productos a obtenerse de este trabajo para la investigación, el emprendimiento y los negocios:

1.1. La robótica de seguimiento medioambiental

El uso de esta tecnología geomática nos permitiría el control de manera distante y por teledirección, para poder acceder a espacios peligrosos donde la contaminación atmosférica de gases y de partículas haga insegura la presencia humana.

Se han diseñado «Robots Geomáticos- Medioambientales»- para ser ensamblados en los Centros Asociados-, operarían de forma semiautomática y se diseñan con capacidades que les permitan acceder de forma segura en ambientes y espacios peligrosos. Los robots estarían dotados GPS y RFID estableciendo su posición para la georreferenciación territorial de latitud y longitud geográfica, así como para la identificación de la unidad operativa o robot guardián despachado desde una plataforma geomática de control con el APRS y/o Internet inalámbrico 3G/4G, como medios de enlace de comunicación.

Estos robots teleoperados son administrados bajo observación online, mediante pantallas visuales para su manipulación sincrónica en tiempo real, pudiendo atender por ejemplo: ambientes hostiles en conatos de fuegos forestales, derrames de combustibles, polvo, calor, sitios bacteriológicos, sistemas de control de potencia eléctrica de alta tensión, áreas explosivas, inundaciones, terremotos, huracanes, volcanes, acciones de policía preventiva, y en los ecosistemas de alto riesgo en general.

1.2. El manejo de los inventarios y el control de la carga itinerante en las industrias y empresas

La interoperabilidad y la agilidad de los servidores APRS facilitan la gestión del inventario online en tiempo real para los productos movilizados por los contenedores que transitan las vías y autopistas, permitiendo establecer un registro actualizado del estado de las mercancías, su destino; así como los aprestos para su reposición y reemplazo justo a tiempo, de manera segura, y sin sobreabundancias innecesarias que agregan costos a los procesos de manufactura y almacenamiento.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. La Universidad dentro del proceso de la globalización

La Universidad está cada vez más inmersa en los retos y exigencias de nuestra sociedad cambiante en

la que experimentamos, dentro de los últimos años, un desarrollo espectacular de las tecnologías de la información y de las comunicaciones. Estas inciden directamente en las formas de enseñanza, en la aplicación de nuevos modelos de aprendizaje, en la práctica de la investigación que genera creatividad, en la adaptación de nuevas unidades de apoyo a la docencia, en los desarrollos técnicos y científicos para el avance de la ciencia, en la comercialización de sus servicios, en la globalización de la educación superior y en su misma organización.

La globalización es un fenómeno que trae consigo la sustitución de los modelos de mercados nacionales por modelos internacionales donde las naciones se insertan gerenciadas, no por sus necesidades, sino por las necesidades del mercado internacional, para que cada nación produzca las magnitudes que el mercado requiere. La globalización neoliberal significa aceptar el liderazgo de una fuerza mundial, la economía - mundo, que impulsa el sistema internacional; mientras que los estados siguen la orientación de esa fuerza, se sustituye, en última instancia, el poder político por el poder económico. Lo más peligroso es la pérdida de la identidad nacional.

Además, los ricos siguen siendo cada vez más ricos y los pobres cada vez más pobres. La situación actual en América Latina está permeada por cambios económicos, políticos y sociales, gestados en los últimos años, en el ámbito internacional y nacional, que han impactado tanto a la economía del país, como a la educación superior.

El futuro y los desafíos que se avizoran, nos plantean un panorama influenciado por varios factores entre los que pueden destacarse como fundamentales:

- La sociedad del conocimiento, caracterizada por el aumento del valor agregado al producto y no la materia prima, ni la mano de obra.
- La globalización que combina: competitividad, desregulación y flexibilización.
- La internacionalización de las profesiones y el desarrollo de «Normas Internacionales Mínimas de Profesionalidad». Estas normas definen el perfil profesional, que será válido en el ámbito mundial y la formación universitaria para hacerla homologable internacionalmente.
- La competitividad entre los sistemas educativos por gerenciar el conocimiento de punta.
- El nuevo papel de las universidades que desarrollan acciones para mercadear sus productos y participar en organizaciones internacionales.
- Universidades, con creciente capacidad de lobbying que les permite posicionarse en el mercado de la educación superior.

En nuestro mundo actual la economía descansa en el capital productivo de bienes y servicios. La cadena de negocios abarca la producción, la manufactura y la comercialización de dichos rubros.

Todas las etapas del proceso productivo requieren de una logística y estrategias de planificación, gerencia de marcos legales y acuerdos de mercado; así como la administración eficiente de personal, recursos y materias primas.

Debe diseñarse un modelo de producción con elementos definidos para la implementación, desarrollo, control y distribución de los bienes y servicios a producirse; estableciéndose el tipo de organización que maneje la gerencia y las etapas del proceso productivo y de comercialización; que tenga en cuenta la sostenibilidad medioambiental, como eje transversal a toda investigación que de una u otra manera incida sobre el ecosistema dominicano.

Dentro de este ambiente educativo-tecnológico y de negocios; es de suma importancia la gestión de negocios, el control de inventarios, el movimiento de productos, la actualidad de la información, así como de un registro ágil en el aspecto de reconocimiento e historial de las mercancías.

3. LA PLANIFICACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN DEL MODELO

Dentro de la fase de instrumentación o desarrollo de nuestra investigación se programa el caracterizar un modelo matemático para nuestro portal geomático que sea utilizado como medio de transmisión vía radiofrecuencia integrando al GPS y el RFID. Estas estructuras de las tecnologías electrónicas-informáticas nos habilitarían para el análisis y el diseño de las señales y de los algoritmos para la transmisión y recepción vía ondas de radio de la información de la geografía del producto o mercancía transportada.

Además se proyecta el presentar un marco teórico-conceptual para la comunicación electrónica caracterizando el diseño de un portal WebGIS interactivo que se maneje desde la universidad, los centros asociados y los otros usuarios abonados al mismo.

Así también, a través de la tesis se recrea la caracterización y el diagnóstico de la herramienta bajo estudio, como modelo geomático- educativo-de negocios, el cual utilice la integración del GPS y el RFID mediante estrategias estructuradas de un SIG y sus

capas temáticas georreferenciadas, para los servicios geomáticos-medioambientales, educacionales y de negocios (desarrollo de competencias tecnológicas-empresariales) que se desean como resultados de esta investigación, entre otros.

4. LA CARACTERIZACIÓN SISTÉMICA DEL MODELO

La caracterización sistémica del Modelo «Geomático, Educativo, y de Negocios» que integre al RFID y el GPS mediante un Sistema de Información Geográfica requiere de:

- El establecimiento de algoritmos y programas en HTML, XML, javascript, Basic, C++ y otros, que permitan la interacción semiautomática del usuario a los servicios de educación: capa social web2.0, para la socialización del producto del trabajo universitario a través del desarrollo de estrategias educativas de instrucción, aprendizaje y de servicio comunitario, el desarrollo de I+D+i y la mejora curricular continua.
- La gestión de tecnología: capa medioambiental para el seguimiento del ecosistema a través de ventanas para la observación de puntos calientes en la corteza terrestre para la detección temprana y la alerta de fuegos forestales, como además para el seguimiento de la capa vegetal.

5. LA GESTIÓN DE NEGOCIOS

Capa que opera un portal geomático para dar seguimiento a cargas itinerantes mediante la integración del GPS y el RFID. Todo ello se logra a partir de las triangulaciones radiométricas por el sistema GPS extramuros a las empresas, además de triangulaciones radiométricas a través de antenas direccionales en condiciones intramuros a lo interno de las mismas. El acceso a los datos se logra con el portal geomático WebGIS. En esta capa del sistema se puede interactuar con la carga móvil, dispersa en las carreteras, como también con la carga fija que se manipula en el interior de la fábrica, con lo que mantiene actualizado el inventariado de forma ágil y económica en tiempo real. También a través de este portal se puede acceder a los Centros Asociados y a sus pequeñas y medianas empresas Universitarias (Unipymes).

En resumen, nuestra investigación trata sobre un modelo de gestión de emprendimiento universitario

en el entorno educativo-tecnológico-de negocios, de la Universidad APEC, Santo Domingo, Rep. Dominicana. Se trata de la aplicación en un GIS de la integración geomática del RFID y el GPS para la automatización de las búsquedas georreferenciadas de personas y objetos en un portal Web mediante Internet o una red APRS. Nuestra inteligencia para los negocios refiere a las innovaciones y las nuevas tecnologías introducidas a los negocios.

Con este aporte se busca potenciar la innovación y la creatividad del colectivo docente-estudiantil, y modernizar el manejo de procesos dentro de la academia. También de manos con nuestro Centro de Emprederismo «CEMPRENDE», se persigue como eje transversal de nuestro accionar: a) promover las sinergias con las empresas de negocios extramuros y las empresa de negocios intramuros «Unipymes», b) crear una cultura (I+D+i), c) otros.

6. INTERNET COMO MEDIO DE COMUNICACIÓN

Para nuestro proyecto de manejo a distancia de las plataformas que integran las informaciones del RFID y del GPS, el proceso de comunicación se logra a través de la transmisión vía radio frecuencias por APRS, y vía Internet para equipos itinerantes.

6.1. Ventajas e inconvenientes

La eficiencia de cualquier sistema basado en Internet depende del rendimiento actual de las plataformas Web interconectadas y de sus servidores. La eficacia de una conectividad está determinada por la velocidad y la fiabilidad con las que se transmiten los datos en esa conexión. Actualmente no se pueden medir la velocidad y la fiabilidad total de Internet. Contamos con pocos datos cuantitativos de rendimiento de Internet que estén disponibles, pero hoy en día se han creado varios proyectos para analizar el rendimiento (Khamis, 2002).

6.1.1. Ventajas

Actualmente, las redes se están usando cada vez más para la comunicación en sistemas de interacción remota para el manejo por escritorio remoto, o para la manipulación teleoperada vía puerto paralelo, entre otras, ello es porque las redes tienen muchas ventajas como la facilidad de acceso, la disponibilidad, la alta flexibilidad y el bajo coste de pago por el servicio.

La investigación se basa en:
las redes inteligentes para
el sensado remoto satelital
y para el control de inventario,
con los sistemas de automatización
de la geografía de la información,
el uso de los Sistemas de Identificación
por Radio Frecuencia (RFID)
y el Sistema de Posicionamiento
Global Satelital (GPS), para el
conocimiento en tiempo real
del estado del producto o mercancía,
de las cargas portuarias y del
mercado en general, y el seguimiento
medioambiental

6.1.2. Inconvenientes

Aunque la red de Internet mantiene un medio de comunicación barato y disponible, existen todavía muchos problemas por resolver antes de desarrollar aplicaciones verdaderamente fiables (Ando, 1999).

Estos problemas incluyen la problemática de la lentitud en la respuesta de los equipos teleoperados.

En cuanto al aspecto medioambiental el problema se define como el de la carencia de una estructura informática que nos brinde los servicios de alerta temprana sobre incidentes catastróficos medioambientales.

Se delimita, entonces, este objeto de estudio como: el sistema de inventariado, almacenaje y distribución de las cargas y mercancías desde el productor hasta el mercado de consumo.

Por lo tanto, la problemática puede ser planteada como: la búsqueda de un Sistema de Información Geográfica que integre la Geomática del Ecosistema.

6.2. Justificación de la investigación

Se define el campo de este estudio como: las redes inteligentes para el sensado remoto satelital y para el control de inventario, con los sistemas de automatización de la geografía de la información, el uso de los Sistemas de Identificación por Radio Frecuencia (RFID) y el Sistema de Posicionamiento Global Satelital (GPS), para el conocimiento en tiempo real del estado del producto o mercancía, de las cargas portuarias y del mercado en general, y el seguimiento medioambiental.

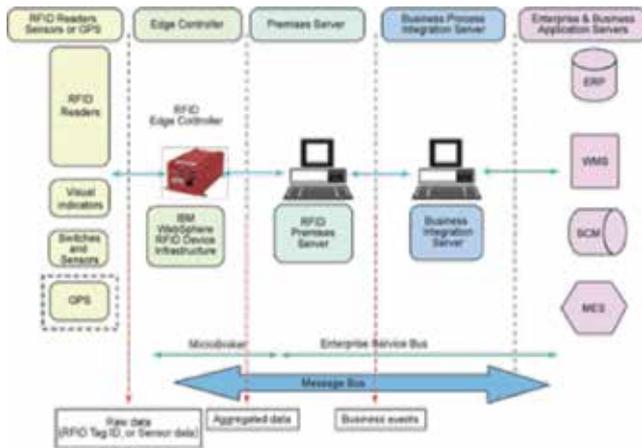


Figura 1. Arquitectura típica de una solución IBM RFID- Sensores y Actuadores (Chen, 2006)

7. WEBSHERE RFID Y DISPOSITIVOS DE INFRAESTRUCTURA DE SERVIDOR IBM. WEBSHERE DENTRO DEL ESTADO DEL ARTE ACTUAL

Una solución de *RFIDWEBSHERE* se compone de muchos tipos de sensores y dispositivos de accionamiento, tal y como las etiquetas RFID y lectores, los indicadores visuales, interruptores y sensores. Trataremos con dispositivos GPS, un tipo de sensor que puede proporcionar información de ubicación. Con el fin de conectarse y comunicarse con dispositivos GPS se necesita un controlador para su manejo, y para ello vamos a utilizar el controlador de RFID "*IBM Workplace Client Technology*", el cual utiliza la tecnología de Micro Edition, basada en *Open Service Gateway* iniciativa (OSGi), para aplicarse al controlador de RFID, esto que también se conoce como la infraestructura de *WebSphere RFID Device*. [1]

La solución propuesta es la de instalar un sistema integrado de GPS para el seguimiento espacial de los vehículos; un RFID para la identificación de entrada y salida de mercancía del camión; y un pronóstico medioambiental facilitado por un sistema de información geográfica vinculada a una robótica teleoperada para asistencia al sistema de extensión universitaria y a la sostenibilidad del ecosistema.



Figura 2. Posible modelación para el Portal GEO-APEC [6]. Fuente: Movistar, México.



Figura 3. Seguimiento georreferenciado por GPS [7]. Fuente: Digimodos 8k.

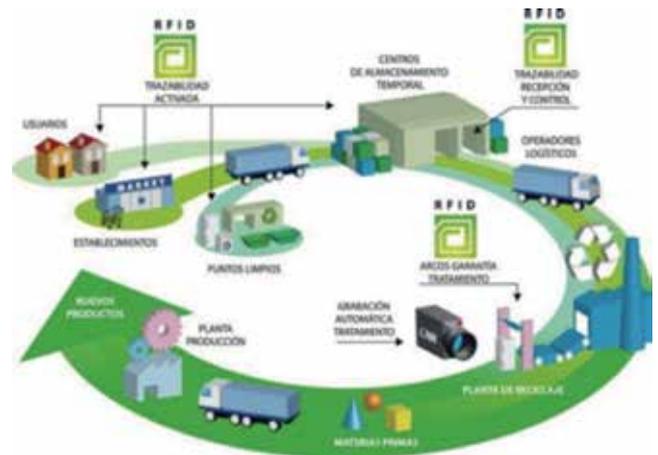


Figura 4. Opción para el Centro Asociado de manufacturas plásticas (MA-PLASA). Fuente: Movistar, México [8].

A nivel de software contaremos con cinco módulos:

1. Una aplicación cliente que se encarga de recolectar la información de los dispositivos GPS y RFID.
2. Un servicio Web que recibe la información del cliente y la almacena en un repositorio.
3. Una aplicación Web de consulta en la que podemos visualizar la información recolectada por el cliente.
4. Una aplicación Web de consulta en la que podemos visualizar la información climática del medioambiente.
5. Una interface para la teleoperación de un robot medioambiental, basada en un GIS para el seguimiento al ecosistema.



Figura 5. Pantalla del Portal Geoclimático de GEO-APEC [5].

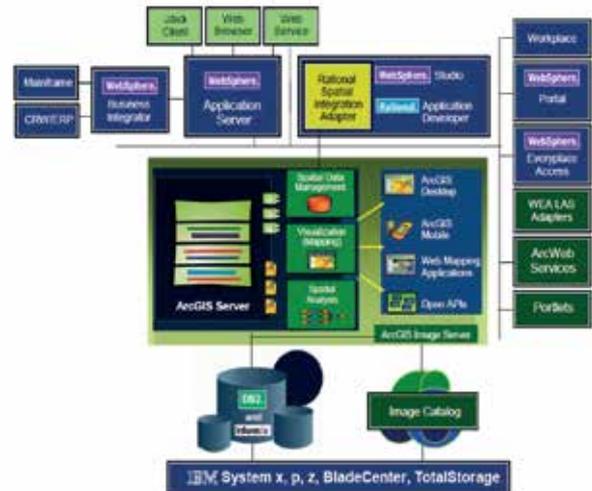


Figura 6. Enterprise GIS Solution-Components [9]. Fuente: IBM Red Books

Cada vehículo de carga debe contar con acceso a internet de banda ancha para poder comunicarse de manera eficiente con el servicio Web, y registrar la información en tiempo real. Se presentarán varias opciones para la integración del RFID y el GPS en un entorno geomático y sus posibles accesos desde la Web.

Esto desde aplicaciones por escritorio remoto por internet de -Team Viewer-, aplicaciones APRS (Sistema de Posicionamiento Automático por Radio), hasta nuestra propuesta formal de utilización del software WebSphere de IBM con Internet de alta velocidad.

7.1. Medios y herramientas

Las siguientes figuras muestran la dinámica de trabajo de nuestro Portal «Educativo - Geomático y de Negocios» para la integración del RFID y al GPS mediante un Sistema de Información Geográfica:

Los medios y herramientas para el desarrollo e implementación del modelo se caracterizan en un Buscador de Información Geográfica, para facilitar la localización de objetos, y la posibilidad de descargar datos de Negocios a través de Internet GIS y el portal Web: Geo_Apec, y que desplegaría:

Visualización de mapas. Mapa interactivo del objeto en movimiento:

- Rutas a los Centros de Negocios Asociados y la Universidades vinculadas
- Modelos de elevación relativos a la posición del móvil de transporte
- Datos meteorológicos del área de Negocios

Catálogo de datos y servicios. Metadatos de la gestión de negocios (empresas involucradas, natu-

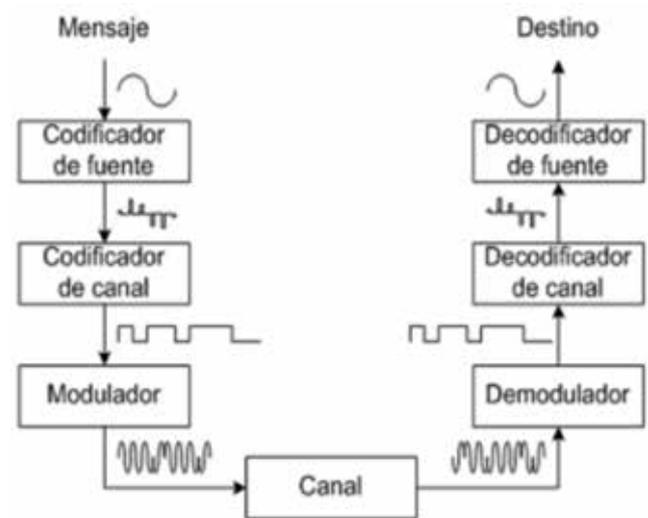


Figura 7. Modelo para la comunicación [10].

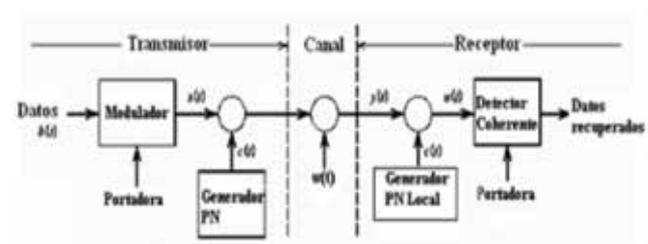


Figura 8. Opción para comunicación codificada por (DS-SS) [11]. Fuente: W. Stalling

raleza de la transacción y esquemas de distribución y horarios, etc.)

Descarga de datos. Información sobre la posición, dirección y velocidad de los contenedores móviles identificados con RFID:

- Información sobre la carga transportada (Listado por nombre o clave del paquete de artículos).
- Control de entradas y descargas desde o hacia el

contenedor: al inicio, durante o al final del trayecto del viaje.

Búsqueda de datos y estadísticas de las áreas de las zonas industriales y el parque tecnológico universitario

Modelos digitales del Terreno relativos a la actividad de Negocios

Para el testeo de los elementos y objetos de la integración del RFID y del GPS, se hace uso de algunos algoritmos desarrollados para la simulación de escenarios de trazabilidad y georreferencia, mediante la plataforma *WebSphere* de IBM. [2]

8. DESARROLLO DEL MODELO

Nuestro sistema de comunicación para el envío y recepción de los datos del GPS y el RFID se diseña a través de un sistema de secuencia directa para espectro disperso (DS/SS), donde los datos se introducen como $b(t)$ de manera serial multiplexada, esto, dentro de una «representación espectral de nuestro proceso de comunicación».

8.1. Direct Sequence Spread Spectrum System (DS/SS)

En el transmisor de DS-SS la señal de banda base es multiplicada por la secuencia de PN, con lo cual la señal es expandida. Luego que la señal es expandida es mo-

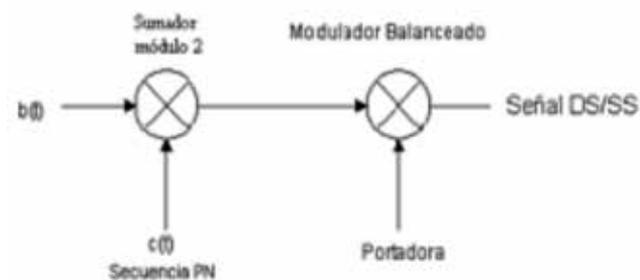


Figura 9. Proceso de codificación

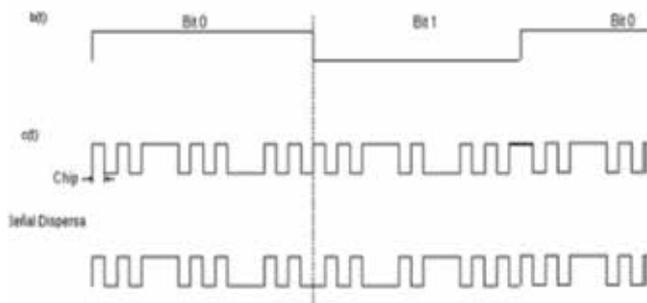


Figura 10. Obtención de una señal codificada en nuestro Portal Geomático [8]. Fuente: W. Stalling

dulada y transmitida. El esquema más usado de modulación es el BPSK (*Binary Phase Shift Keying*). La ecuación que representa esta señal de DS-SS es: [Bonell, 70]

$$S_{ss} = \sqrt{\frac{2E_s}{T_s}} m(t)p(t) \cos(2\pi f_c t + \theta)$$

Donde:

$m(t)$ → es la secuencia de datos a transmitir del RFID y el GPS

$p(t)$ → es la secuencia de pseudo ruido

f_c → es la frecuencia del carrier

θ → es el ángulo de fase del carrier cuando $t=0$

T_s → es el tiempo de duración de cada símbolo de dato de $m(t)$

En este tipo de modulación la señal digital de información es modulada mediante una secuencia pseudo aleatoria (PN), con una velocidad mucho mayor que la de la señal de información y luego transmitida utilizando algún tipo de modulación digital como se observa en la figura 9.

Se puede observar un ejemplo para un mensaje $b(t)$ dado.

Para representar la señal DS/SS (antes de la modulación) se puede usar la siguiente expresión:

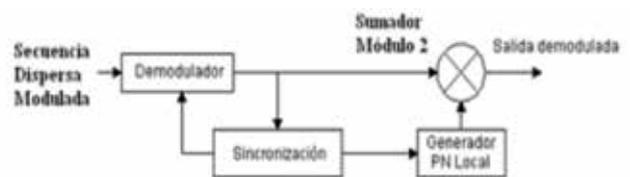
$$r_n = \epsilon b(t)c_n + w_m \quad n = 0,1,\dots,N - 1$$

Donde:

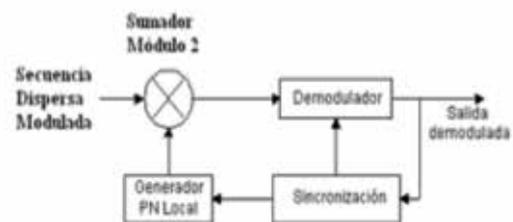
ϵ es la energía por bit de la señal,

$b(t)$ representa la señal de información y es una señal polar $\{\pm 1\}$

$\{c_n\}$ es una secuencia PN polar con valores $\{\pm 1\}$



a) Demodulación antes de multiplicar por el código



b) Multiplicación por el código antes de demodular

Figura 11. Proceso de Modulación [12]. Fuente: W. Stalling

Diagrama en bloques del Transmisor

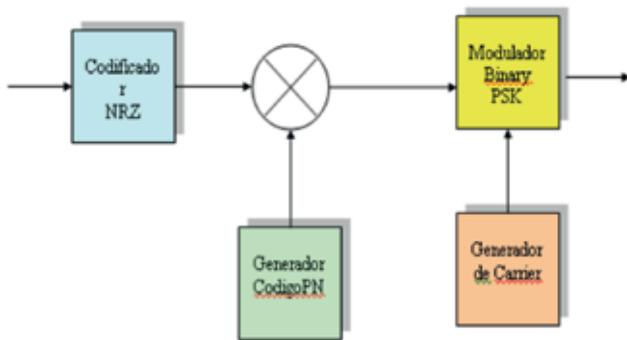


Figura 12. Codificado y mezclado

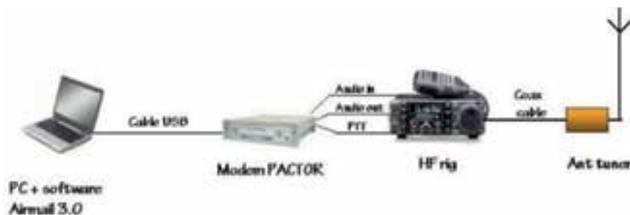
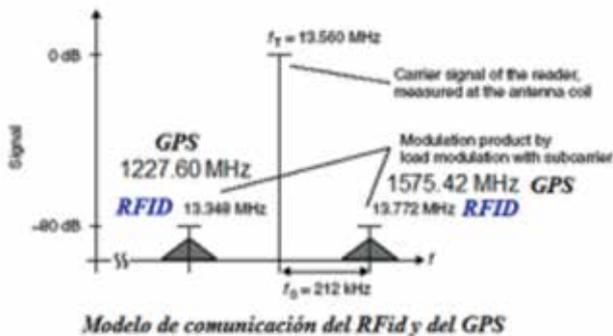


Figura 13. Radio Transmisor-Receptor para APRS [13]. Fuente: ea5dy.ure.es (APRS es una marca registrada por el Dr. Bob Bruninga, WB4APR)



Modelo de comunicación del RFid y del GPS

Figura 14. Espectros de las portadoras de radiofrecuencias del RFID y del GPS

equi-probables, y de período N, es decir que $c_{i+N} = c_i$; la señal PN se puede representar por:

$$c(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n p_{T_c}(t - nT_c)$$

Donde:

$p_{T_c}(t)$ es un pulso rectangular de magnitud unitaria y duración

T_c ; cada bit de información duración T se codificará con N chips de duración $T_c = T/N$, el incremento de la razón de muestreo de la señal será entonces de N. Finalmente w_m representa el ruido blanco gaussiano aditivo (AWGN) de media cero y desviación estándar s.

Luego de multiplicar el mensaje por la secuencia

PN, el siguiente paso consiste en la modulación de esta señal usando tipo de modulación digital convencional PSK.

La demodulación de la señal se realiza en el receptor por medio de una correlación; esto es multiplicar la señal por una réplica de la secuencia PN.

$$y = \sum_{n=0}^{N-1} (\epsilon b(t)c_n + w_m)c_n$$

Si se asume que no hay correlación (o que es muy baja) entre la señal $c(t)$ y el ruido, entonces el segundo término se anula, quedando entonces que $y(t)$ es igual a la señal $b(t)$ original retardada una cantidad que depende de la trayectoria de transmisión:

$$y = b(t - \tau)c^2(t - \tau) = b(t - \tau)$$

Receptor APRS del Portal Geomático

Para rescatar la señal $b(t)$ se pueden usar cualquiera de los dos esquemas 11, 12 y 13.

El sistema de integración móvil del RFID con el GPS en un Portal Geomático «Educativo-Tecnológico y de Negocios» nos permite el aprendizaje remoto al trabajar con imágenes geográficas de un SIG, que nos permiten aumentar la cantidad de tareas y aplicaciones que pueden llevarse a cabo, al desarrollarse un sistema cliente - servidor que permita el procesamiento de imágenes en otras computadoras remotas. La frecuencia de APRS en el espacio 145.825 Mhz (Alavi, 1995).

9. TRAMAS RFID Y GPS

Para las transmisiones de las tramas de RFID y de las tramas del GPS, podemos utilizar el multiplexado de la división de la frecuencia de estéreo para radio de FM (frecuencia modulada) para la transmisión de señales de audio de canal izquierdo y el canal derecho del transmisor en cuestión.



Figura 15. Bloques del modelo de transmisión para las tramas RFID y GPS en FM

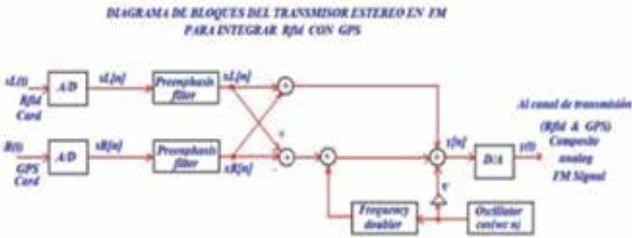


Figura 16. Diagrama de bloques del transmisor FM. [Haykin,01]

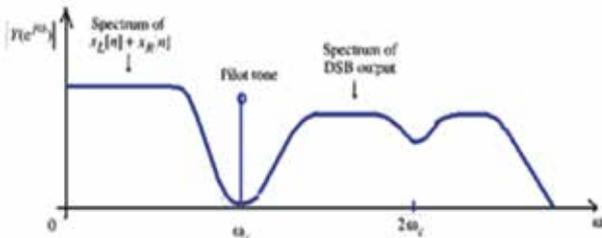


Figura 17. Representación del espectro compuesto para nuestro modelo de señales RFID & GPS



Figura 18. Muelle de lectura de productos a la entrada y salida de un contenedor [14]. Fuente internet

Como se indica las salidas analógicas de la izquierda (RFID) $S_L [t]$ y de la derecha (GPS) $S_R [t]$, en primer lugar se convierten en señales digitales $S_L [n]$ y $S_R [n]$, por medio de convertidores A/D individuales. En la práctica, componentes de alta frecuencia tienen mucho mayores amplitudes. Sin embargo, los componentes de amplitudes más pequeñas, producen una desviación de frecuencia correspondientemente menor. Y en consecuencia, la señal de FM resultante no utiliza el ancho de banda asignado para su transmisión, reduciendo considerablemente la relación de señal a ruido en el extremo de alta frecuencia (Haykin, 2001).

La salida SNR en el receptor de FM se incrementa haciendo hincapié en las frecuencias más altas de $S_L [n]$

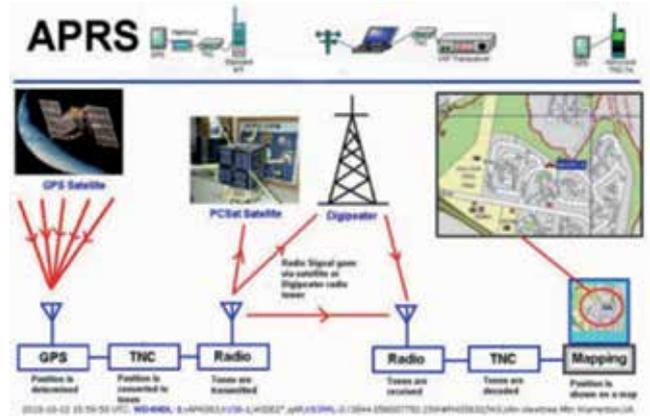


Figura 19. Modelo de una Red de enlace para conectividad por Radio Frecuencia APRS [15]. Fuente: Bob Bruninga

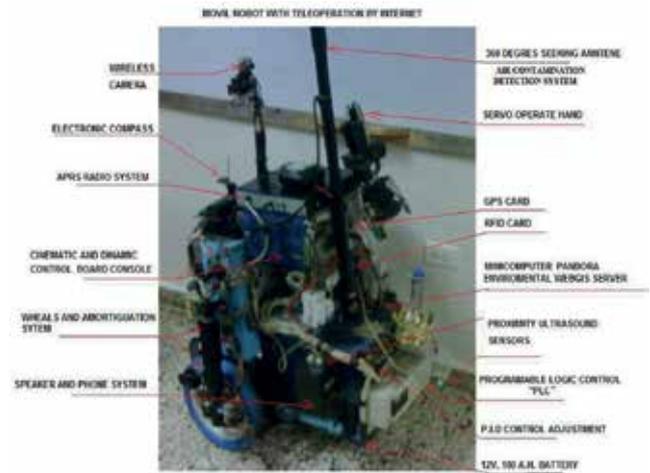


Figura 20. Robot de campo para la Robótica Medioambiental Teleoperada

y $S_R [n]$, por medio de filtros digitales de preemphasis, como se indica en la figura 270.

La suma de la señal de entrada prephasixed de tiempo discreto en el canal izquierdo $X_L [n]$ y la entrada de señal prephasixed de tiempo discreto en el canal derecho $X_R [n]$, es transmitida en su banda base para una recepción monofónica. También la señal de diferencia $X_L [n] - X_R [n]$, se transmite por la modulación de DSB-SC (portador de doble banda lateral, suprimida) utilizando una subportadora de 38 kHz. La señal transmitida multiplexada y $[n]$, incluye la señal de la suma, la señal diferencia moduladora DSB-SC y un portador a piloto de 19 kHz. (Chen, 2006).

De ahí que presentamos nuestro diseño para un posible sistema de comunicación modulado por frecuencia (FM), donde nuestra señal $y[n]$ contenedora de las tramas del mensaje del RFID y el GPS, modulan a la portadora de radiofrecuencia, para habilitar la transmisión inalámbrica.

Así:

$$y[n] = (x_L[n] + x_R[n]) + (x_L[n] - x_R[n]) \cos(2\omega_c n) + \Gamma \cos(\omega_c n).$$

Donde:

$W_c = 2\pi F_c / F_r$ donde $F_c = 19$ kHz y F_r es la frecuencia de muestreo, la cual es típicamente de 32 kHz.

El espectro de la potencia de la señal que compuesta por la portadora y la moduladora del RFID y la del GPS, se designa como una señal compuesta en banda base $y[n]$.

La señal compuesta $y[n]$, modula en frecuencia a la portadora principal para generar la señal a ser transmitidas. El valor de la constante de ganancia F para la señal piloto es escogida de forma tal que el piloto esté alojado en un 10 % del pico de desviación de la frecuencia.

La señal original con su distribución de potencia es restaurada en la salida del receptor a través de una red de acondicionamiento (CORBASÍ, 1998).

Las figuras finales presentan los prototipos de nuestro Portal «Educativo - Geomático y de Negocios» y robot de campo, para la integración del RFID y el GPS mediante un Sistema de Información Geográfica «SIG» y al Sistema Automático de Posición por Radio «APRS» como un posible medio de comunicación.

Para un usuario participar dentro de la red del Sistema Automático de Posición por Radio «APRS», requiere de una banda de radio aficionado, *hardware* y del *software* UI-View32.

En la Figura 20 podemos observar la presentación de un Prototipo del Robot Medioambiental para jornadas de recogida de información en ambientes hostiles al ser humano y la alerta temprana de nuestros bosques y parques forestales (Badenhop, 1970).

10. RESULTADOS

Se ha desarrollado un Modelo de un Sistema Geomático basado en la transmisión de datos en tiempo real de «cero costo» del APRS *Automatic Packet/Position Reporting System*, o Sistema Automático de Información de Posición, para nuestros enlaces de integración del GPS y el RFID, dentro de un Modelo «Geomático-Educativo y de Negocios». Dicho Modelo se ha establecido en la Universidad y sus Centros Asociados, esperando pueda servir como portal integrador para la generación de conocimientos y seguimiento medioambiental.

11. CONCLUSIONES

Este trabajo de investigación contiene tres aristas de investigación que han tratado la temática del desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje en la

Facultad de Ingeniería de la Universidad APEC, y que van desde lo general a lo particular (del objeto - al campo = del proceso educativo - a los Sistemas de Información Geográfica); cual modelo que se abstrae a través de estrategias educativas (de instrucción, de aprendizaje y de socialización).

Con la difusión de estos resultados al colectivo educativo se pretende llegar al seno o médula del proceso educativo universitario para transformar la Praxis Ingenieril hacia la nueva cultura docente que permita integrar de manera efectiva y eficiente la Docencia, la Investigación Tecnológica y al Emprendedurismo de Negocios, con la finalidad de parir al renovado Ingeniero que requieren los nuevos tiempos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo de las Autoridades de la Unapec, y del Ministerio dominicano para la Educación Superior Ciencia y Tecnología «MesCyt» por su soporte económico y logístico en el desarrollo de los prototipos y en la difusión de los hallazgos.

REFERENCIAS

- Alavi, M., Wheeler B., Valacich J. (1995). *Using it to Re-engineer Business Education: An Exploratory Investigation of Collaborative Telelearning*. MIS quarterly, 19 (3): 293-312.
- Anderson, J.L. (1999). *Digital Transmission Engineering*. Piscataway, N.J. IEEE [99]; Press.
- Ando, N., Lee, J., Hashimoto, H. (1999). *A Study on Influence of Time Delay in Teleoperation*. Proceeding of the 1999; IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics. Atlanta, USA: pp. 317-322.
- Bonell, M. (1970). *Técnica y Práctica de la Modulación de Frecuencia*. s/d. [70]
- Badenhop, M.B., Rodríguez N. (1970). *Land Tenure in the Dominican Republic, Santo Domingo*.
- Beldo, S., Culp, R., Ebberts, M., Innis, B. (2010). *ESRI ArcGIS 9.2 and WebSphere Integration Enterprise GIS solution*.
- Rebecca, C., Wu, R. (2006). *Integrate GPS Adapters using WebSphere RFID Solutions*. Techarticles/0609, Taipei, Taiwan
- Clara, F. (1981). *Demoduladores Lineales de blu*. Art. en Revista Telegráfica Electrónica, Arbó bs. as., nº 821, pp. 696-00 y 713, Agosto.
- Haykin, W., Van, V. (2001). *Señales y Sistemas*. U.S.A.

Khamis, A., Pérez vernet, M., Schilling, K. (2002). *A Remote Experiment on Motor Control of Mobile Robots*. The 10th Mediterranean Conference on Control and Automation, Lisbon, Portugal, July 9-12.

REFERENCIAS CONSULTADAS DE INTERNET

- [1]. Chen, R., Wu, R. (2007) Arquitectura típica de una solución IBM RFID para Sensores y Actuadores [en línea] Disponible: www.ibm.com [consultados el 15 de Septiembre de 2015]
- [2]. Enterprise GIS Solution-Components (2015). Software para desarrolladores Web IBM Sphere Recuperados de: <http://www.ibm.com/developerworks/ssa/>.
- [3]. EPA, data geográfica de algunas especies. Recuperado de: <http://www.epa.gov/region2/gis/data/thematicdata.htm>
- [4]. ESRI. ESRI, data, programas, información, tutoriales, campus virtual, educación, otros. Recuperado de: <http://www.esri.com/compañía>
- [5]. USGS. GIS data depot, data del USGS para Puerto Rico. <http://data.geocomm.com/>
- [6]. Movistar, México Recuperado de: <http://www2.movistar.com.mx/empresas/wp-content/uploads/2013/10/monitoreo-urbano-vehicular> Consultado el 15 de Septiembre de 2015.
- [7]. Digimodos 8k. Seguimiento por GPS. Recuperado de: <http://www.digimodos8k.com>. Consultado el 15 de Septiembre de 2015.
- [8]. Centros de Negocios, Movistar, México. Recuperado de: <http://www2.movistar.com.mx/empresas/wp-content/uploads/2013/10/monitoreo-urbano-vehicular>. Consultado el 15 de Septiembre de 2015.
- [9]. Enterprise GIS Solution-Components. Recuperado de: <http://www.redbooks.ibm.com/redpapers/pdfs/redp4223>. Consultado el 15 de Septiembre de 2015].
- [10]. Modelo para la comunicación. Recuperado de: <http://www.subeimagenes.com>. Consultado el 15 de Septiembre de 2015.
- [11]. Stalling, W. (2004) Comunicación Codificada por (DS-SS) Recuperado de: <http://www.esat.kuleuven.be/>. Consultado el 15 de Septiembre de 2015.
- [12]. Stalling, W. (2006). Codificación de Señales Digitales <http://www.esat.kuleuven.be/>. Recuperado de: <http://www.esat.kuleuven.be/>. Consultado el 15 de Septiembre de 2015.
- [13]. Bruninga, B. (2009). Radio Transmisor-Receptor para APRS, WB4APR. Recuperado de: <http://www.ea5dy.ure.es>.
- [14]. Intermet, Muelle de lectura de productos a la entrada y salida de un contenedor. Recuperado de: <http://www.intermec.com/products/rfid/index.aspx>. Consultado el 15 de Septiembre de 2015.
- [15]. Bruninga, B. (2015) Modelo de una Red de conectividad por Radio Frecuencia APRS. Recuperado de: <http://www.aprs.org/>.

Sobre los autores

Dr. William Ernesto Camilo Reynoso

Maestría en Electrónica de Comunicaciones, UNA-PEC– RUM, Universidad de Puerto Rico, Recinto Mayaguez. Doctor en Ciencias, Concentración Ingeniería Robótica, Universidad Internacional Atlántica, A.I.U., U.S.A. Candidato a Doctor en Sistemas de Información Geográfica (SIG), Universidad Pontificia de Salamanca (UPSAM), España. Decano de Ingeniería e Informática, Universidad Apec, Santo Domingo, República Dominicana (2010- 2015). V.P. y Chair del Consorcio de Instituciones de Educación Superior de Ingenierías de Latinoamérica «Laccei», 2012- 2015.

Dr. Luis Joyanes Aguilar

Pasado Decano de la Facultad de Informática, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Pontificia de Salamanca, Madrid. Doctor en Informática. Doctor en Sociología. Investigador en el Desarrollo y la Gestión de Redes Sociales. Director de tesis doctorales en Universidades Europeas y de América.

Dra. Lillyana Giraldo Marín

Doctora en Ingeniería Informática, Universidad Pontificia de Salamanca. Jefa Programa Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingenierías, Universidad de Medellín, Colombia.

Dr. Rubén Javier Medina Daza

Doctor en Ingeniería Informática, Universidad Pontificia de Salamanca. Docente en la Universidad Distrital Francisco José Caldas, Bogotá D.C., Colombia. Investigador con Expertice en Fusiones de Imágenes Satelitales mediante Wavelets para la Maximización de la Ganancia Espacial y Espectral.



ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE
INGENIERÍA GEOMÁTICA
Y TOPOGRÁFICA



TOPGCART

2016

XI

CONGRESO INTERNACIONAL DE GEOMÁTICA Y CIENCIAS DE LA TIERRA.

· CRIOSFERA Y CAMBIO CLIMÁTICO · RIESGOS NATURALES ·
OBSERVACIÓN DEL TERRITORIO · CATASTRO Y PROPIEDAD · GEOINFORMACIÓN ·



PATROCINADORES :



La inscripción de la representación geográfica georreferenciada de una finca en el Registro de la Propiedad tras la Ley 13/2015

REVISTA **MAPPING**
Vol. 25, 178, 42-51
julio-agosto 2016
ISSN: 1131-9100

The inscription on geo-referenced geographical representation of an estate in the Land Registry, after 13/2015 Law

Pedro Fandos Pons

Resumen

La Ley 13/2015, de 24 de junio, reforma una serie de artículos de la Ley Hipotecaria, con un doble objetivo: mejorar la coordinación de la información registral y la catastral y reformar la regulación de los procedimientos que tienen por objeto lograr la concordancia del Registro con la realidad jurídica extrarregistral.

Sin perjuicio de los múltiples defectos que tiene esta ley, tanto desde el punto de vista jurídico como práctico, una de las novedades de la misma es que permite la inscripción de la representación geográfica georreferenciada de la finca en el Registro de la Propiedad.

Esta posibilidad presenta la dificultad de determinar cómo un archivo electrónico se inscribe en un Registro de la Propiedad, que aunque se gestiona telemáticamente, sigue siendo en soporte papel.

El objeto del presente artículo es explicar la inscripción de la representación geográfica de la finca en el Registro de la Propiedad.

Abstract

Law 13/2015, of 24 of June amends the wording of a number of articles of the Mortgage Law, with two objectives: To improve the coordination of information and cadastral registry and reform the regulation of procedures that aim to ensure consistency Registry the non-registered legal reality.

Notwithstanding the many flaws of this law, both from a legal point of view, as a practical, one of the novelties of this law is that it allows the registration of geographical representation georeferenced farm in the Land Registry.

This possibility has difficult to determine as an electronic file, such as containing the georeferenced geographical representation, join a Land Registry, which today, is managed electronically, but remains on stand paper.

The purpose of this article is to explain the procedure for registration of geographical representation of the property in the Land Registry.

Palabras clave: Registro de la Propiedad, inscripción, Catastro, coordinación, realidad jurídica.

Keywords: Land Registry, registration, Cataster, coordination, legal reality.

*Registrador de la Propiedad
Doctor en Derecho
Director del Servicio de Bases Gráficas del Colegio de Registradores
director.bgrmayc@registradores.or*

*Recepción 04/12/2015
Aprobación 16/03/2016*

1. INTRODUCCIÓN

La Ley 13/2015, de 13 de junio supone la reforma de la Ley Hipotecaria más importante desde la publicación del Texto Refundido de 1944. Como todo en la vida, tiene aspectos positivos y otros negativos, o que se han abordado con un punto de vista desenfocado.

El objetivo de la Ley es, según su Exposición de Motivos, mejorar la «*la coordinación entre distintas instituciones públicas, entre ellas, el Catastro y el Registro de la Propiedad*» y ello con la aspiración de eliminar «*duplicidades administrativas*». Esta expresión se utiliza en un sentido impropio, cuando se refiere al Registro de la Propiedad, en un doble sentido:

1. Respecto a la finca registral, pues las categorías de finca registral y parcela catastral no pueden considerarse como duplicidad administrativa, pues son realidades conceptuales diferentes, que se rigen por principios distintos, como reconoce la propia Exposición de Motivos. Es decir, la labor administrativa del Catastro no puede confundirse con la labor de control de legalidad del tráfico jurídico inmobiliario propia del Registro de la Propiedad. Una mejor identificación de las fincas redundaría en la mejora de la seguridad del tráfico jurídico inmobiliario, pero en ningún caso la perfecta delimitación física del inmueble genera dicha seguridad. Esta deriva de un control de legalidad, que es jurídico, pues va referido a la titularidad y vicisitudes de un derecho, que delimita un objeto.
2. Respecto a la función del Registro, intenta confundirse la labor de adecuación a la voluntad de las partes al ordenamiento jurídico que presta el Notario con la labor de protección del tercero propia del Registro, con el propósito de suprimir la registral, bajo el pretexto de suprimir duplicidades administrativas que no son tales. Notarios y Registradores son operadores jurídicos distintos que ejercen, por delegación estatal, funciones públicas distintas pero excluidas de la organización de la Administración como estructura de poder, estando incluidas en lo que se denomina Administración Institucional. Es decir, no existe, como se pretende desde ciertos sectores, un doble control de legalidad, sino dos funciones públicas distintas: la dación de fe pública notarial y la fe pública registral. No es una duplicidad de funciones, sino especialización en el ejercicio de las mismas, que constituye una de las notas esenciales del sistema de transmisión de derechos reales español, que es el más eficiente en el marco del derecho comparado.

Desde un punto de vista cartográfico, podemos decir que tras la Ley 13/2015, la cartografía básica del Registro de la Propiedad es la catastral. Pero, se admite como cartografía temática la registral realizada por el Registrador, con los elementos geográficos y ortofotográficos de los que disponga, a la que se otorga un papel auxiliar, pero importante, de calificación registral. Esta ha de servir de base para que afloren los posibles defectos descriptivos con el objeto de subsanarlos si se quiere inscribir la representación geográfica georreferenciada.

La reforma de la Ley Hipotecaria, esta se divide en dos partes claramente diferenciadas:

1. La calificación registral de la descripción de la finca, la inscripción de la representación geográfica georreferenciada de la finca registral y su coordinación con la parcela catastral: arts. 9 y 10 y 199 de la LH.
2. La regulación de los expedientes para concordar la realidad jurídica registral con la extrarregistral, dentro del Título VI de la Ley, en los arts. 198 a 210.

En el presente artículo, nos vamos a centrar en la primera parte de la reforma y dentro de la misma en las implicaciones geográficas que adquieren trascendencia registral.

2. SUPUESTO GENERAL DE INSCRIPCIÓN DE LA REPRESENTACIÓN GEOGRÁFICA GEORREFERENCIADA

Una de las novedades de la Ley es la posibilidad de inscribir la representación geográfica georreferenciada de la finca registral, que complete la descripción literaria de la finca. Pero, para poder inscribirla hay que pasar por un procedimiento registral. Ello implica la presentación de un título, una calificación registral y despacho, en su caso. Nos vamos a centrar en el supuesto general de inscripción potestativa.

2.1. Presentación de un título

Para poder inscribir una representación gráfica es preciso la presentación de un título en el Registro. Este ha de incorporar un material geográfico con el que el interesado complete la descripción literaria de la finca que hace en el título.

Esta representación ha de ser preferentemente ca-

Una de las novedades de la Ley es la posibilidad de inscribir la representación geográfica georreferenciada de la finca registral, que complete la descripción literaria de la finca. Pero, para poder inscribirla hay que pasar por un procedimiento registral. Ello implica la presentación de un título, una calificación registral y despacho, en su caso

tastral, pero cabe como excepción que pueda ser alternativa a la catastral, en defecto o inexactitud de esta.

La representación gráfica alternativa ha de cumplir una serie de requisitos (art. 9):

- c. Respetar la delimitación de la finca matriz o del perímetro del conjunto de las fincas aportadas que resulte de la cartografía catastral.
- d. Si afecta a parte de parcelas catastrales, deberá precisar la delimitación de las partes afectadas y no afectadas, y el conjunto de ellas habrá de respetar la delimitación que conste en la cartografía catastral.
- e. Dicha representación gráfica deberá cumplir con los requisitos técnicos que permitan su incorporación al Catastro una vez practicada la operación registral. Estos requisitos se determinan en el apartado 7º de la Resolución Conjunta de la Dirección General de los Registros y del Notariado y del Catastro de 26 de octubre de 2015:
 1. La delimitación geográfica mediante la expresión de las coordenadas georreferenciadas de los vértices.
 2. Deberá contenerse en fichero informático GML, previsto en el Anexo. Los datos geográficos han de corresponderse con los datos descriptivos y de superficie de la finca o fincas resultantes. El citado fichero habrá de estar firmado electrónicamente, en su caso, por el técnico que haya intervenido en su elaboración y autenticado con firma electrónica o por otros medios fehacientes por el propietario o autoridad competente según proceda.

El cumplimiento de dichos requisitos podrá acreditarse aportando representación gráfica suscrita por

técnico competente, aprobada por la autoridad correspondiente u obtenida mediante digitalización sobre la cartografía catastral.

1. Si la representación geográfica deriva del trabajo topográfico de un técnico, contendrá la fecha de realización, los datos del solicitante, la metodología utilizada, los datos de identificación de las parcelas catastrales afectadas, la representación gráfica de cada parcela resultante sobre la cartografía catastral, su superficie y un listado de coordenadas de sus vértices. El técnico declarará bajo su responsabilidad que el trabajo se ha ejecutado cumpliendo las especificaciones técnicas de la resolución, siguiendo la metodología especificada, no estar incurso en causa alguna que le impida o limite el ejercicio legítimo de su profesión o de incompatibilidad legal para su realización y el cumplimiento de los requisitos técnicos del apartado 7.2 de la Resolución.
2. Cuando la representación gráfica haya sido aprobada por la Administración competente, conforme a la ley, no será necesario que la representación gráfica alternativa esté suscrita por un técnico, pero en todo caso deberá cumplir los requisitos señalados en las letras b), c) y d) del apartado 7.2 de la Resolución.
3. Cuando la representación gráfica aportada derive de la digitalización sobre la cartografía catastral deberá especificar, en su caso, la documentación cartográfica de apoyo utilizada, el cumplimiento de los requisitos del apartado 7.1 de la Resolución, que se podrá acreditar aportando el informe de validación técnica del Catastro, previsto en el número 4 del apartado segundo de la Resolución.

Pero, en cualquier de los tres casos, puede acompañarse ese informe de validación técnica catastral para acreditar el cumplimiento de los requisitos exigidos a la representación geográfica georreferenciada alternativa, pues conforme al apartado 7.4 párrafo 2º, cualquier interesado debidamente identificado podrá utilizar los servicios de validación técnica de las parcelas resultantes, disponible en la sede electrónica del Catastro.

El supuesto general de la representación gráfica alternativa será el de la efectuada por el técnico en topografía con el cumplimiento de los requisitos técnicos del apartado 7º, siendo los otros dos residuales o para supuestos específicos. A él se acudirá en defecto, o inexactitud de la representación catastral.

En este proceso de inscripción de una representación geográfica georreferenciada de una finca registral no ha tenido en cuenta el legislador la fase previa de

formación del título que accede al Registro. Es decir, el momento en el que el propietario de la finca se halla ante el Notario para prestar su consentimiento a la realización del negocio con todos sus elementos, entre los que está la descripción de la finca.

La información que ha de utilizar el Notario para la formación de la escritura pública en la que se realiza la transacción inmobiliaria puede proceder de dos vías distintas:

1. La catastral, que proporciona datos relativos a la georreferenciación, uso y configuración del inmueble.
2. La registral, que proporciona datos relativos a la titularidad y cargas del inmueble y puede proporcionar datos relativos a la georreferenciación de la descripción de la finca tal y como consta en el asiento y a la que se extiende el principio de legitimación registral, al menos en cuanto a la superficie y linderos, según la doctrina actual del Tribunal Supremo.

En ese momento, el Notario ha de disponer de toda la información relativa a la misma, como la geográfica catastral, la descriptiva registral con su identificación sobre el territorio, para determinar si es necesario acompañar una representación geográfica georreferenciada alternativa.

El propietario, ante Notario deberá expresar que la representación geográfica catastral es correcta. En ese caso, deberá adaptar la descripción de la finca a la representación gráfica catastral, justificando las diferencias, cuando procedan de algún acto jurídico que no ha tenido acceso al Registro (normalmente segregaciones no inscritas, expropiaciones o cesiones a viales no inscritas por el Ayuntamiento, etc...). Si las diferencias que exceden del 10 % derivan de una actuación unilateral del Catastro, en aplicación de su normativa específica, si quiere inscribir ya está obligado a presentar una representación geográfica alternativa que complete la descripción literaria correcta de su finca.

Es importante determinar en ese momento, cuál es el origen de la finca, para poder decidir cuál es la representación geográfica de la finca que se puede inscribir. La regla general es que la representación gráfica que se pueda inscribir sea la catastral. Pero existen excepciones en las que la que habrá de inscribirse sea la registral. Así:

1. Cuando la finca se inmatriculó por la vía del artículo 205 de la LH anterior, con certificación catastral descriptiva y gráfica cuya descripción coincidía con la del título, si ahora se presenta otro título relativo a la misma finca, pero con

una certificación catastral descriptiva y gráfica que presenta diferencias con la que se presentó en su día, no se puede inscribir la representación gráfica catastral, aunque sea la actual. Si no se justifican esas diferencias, no se puede inscribir la representación geográfica catastral actual, sino la que conste georreferenciada en la aplicación informática registral, que es de origen catastral. En ese caso solo puede inscribirse la representación geográfica georreferenciada previa de la finca registral, pues lo contrario podría ocasionar una inexactitud registral. La representación gráfica registral previa habría de convertirse en alternativa, con el consentimiento del propietario que quiere inscribirla, cumpliendo los requisitos del apartado 7º de la Resolución conjunta que hemos visto.

2. Cuando la finca inscrita proceda de reparcelación, concentración parcelaria, expropiación o deslinde y tenga representación geográfica georreferenciada previa, tomada del plano georreferenciado oficial, si la representación catastral que se acompaña presenta diferencias, tampoco puede inscribirse, porque el origen de estas fincas deriva de un expediente administrativo dotado de las debidas garantías y la modificación de la descripción supone modificación del procedimiento. En este caso, la única representación geográfica que puede inscribirse es la registral, de origen administrativo si está tomada de ese plano oficial, que habrá de convertirse en representación geográfica alternativa, cumpliendo con los requisitos del apartado 7º de la Resolución conjunta citada.

Por ello, es conveniente que en el momento de la formación del título o de la formación de la representación gráfica alternativa, tanto el Notario, como el técnico que suscriba la segunda dispongan de un dictamen sobre el estado descriptivo de la descripción de la finca en el Registro, con fundamentación geográfica, en su caso. El propietario podrá decidir si procede rectificar la descripción de la finca o aportar representación geográfica correcta de la misma, o a consentir la inscripción de la oficial que conste archivada en el Registro, cuando no pueda inscribirse directamente la catastral. Y, aunque si bien es cierto que la Ley no lo regula, tampoco lo prohíbe.

2.2. La calificación registral

Presentado el título en el Registro, lo primero que ha de calificar el Registrador es:

- a. Si estamos ante un supuesto de inscripción de la

representación geográfica obligatoria o potestativa.

- Es obligatoria en los supuestos del art. 9 b) primer párrafo de la LH: inmatriculación, parcelación, reparcelación, concentración parcelaria, segregación, división, agrupación o agregación, expropiación forzosa o deslinde.

- Es potestativa en los demás casos. Requiere solicitud expresa de inscripción de la representación geográfica georreferenciada, o rectificación de la descripción de la finca para adaptarla a la representación geográfica georreferenciada incorporada (apartado 2º de la Resolución Circular de la Dirección General de los Registros y del Notariado de 3 de noviembre de 2015), pues la incorporación de la representación geográfica georreferenciada al título tiene por objeto lograr la inscripción de la misma (art. 9 b) párrafo 3º).

b. Si la naturaleza de la representación geográfica georreferenciada aportada es correcta. Es decir, si la alternativa que se aporte, en su caso, se adecua a los supuestos previstos en el art. 10.3 de la LH:

- Procedimientos de concordancia entre el Registro de la Propiedad y la realidad extrarregistral del Título VI de la LH que admitan una representación gráfica alternativa.

- Cuando el acto inscribible consista en una parcelación, reparcelación, segregación, división, agrupación, agregación o deslinde judicial.

Para ello, calificar la representación geográfica aportada, el Registrador ha de realizar una serie de acciones:

1. Realizar la cartografía temática de la descripción de la finca que resulte del asiento registral, para determinar la coherencia o incoherencia entre ambas. Para ello, utilizará la aplicación informática homologada a que se refiere el artículo 9 de la Ley Hipotecaria y la Disposición Adicional Primera de la Ley 13/2015, cuando haya obtenido la homologación. Hasta entonces, los Registradores podrán seguir utilizando las aplicaciones informáticas de las que dispongan para el tratamiento de las representaciones gráficas (Apartado 4º de la Resolución Circular de 3 de noviembre). Y ello porque el artículo 9 habla de dos recintos para que pueda realizarse el análisis registral de correspondencia y el número 4º párrafo segundo de la citada Resolución Circular, cuando afirma que una de las condiciones de la homologación es que la nueva aplicación permita la importación de los

recintos geográficos que alojados en la aplicación informática geográfica registral previa para servir de elemento auxiliar a la calificación registral.

2. Formación del archivo electrónico GML registral que, en su caso, será objeto de inscripción. Para ello, el Registrador extrae del GML catastral, administrativo o topográfico presentado con el título, las coordenadas de georreferenciación que contenga y le adicionará, como mínimo, los datos de identificación, el asiento de presentación del título y el código de la finca registral y lo firmará electrónicamente (Apartado 3ª de la Resolución Circular de 3 de noviembre).

Sin embargo, los requisitos a que se refiere la Resolución Circular interpretativa citada, han de considerarse como mínimo. Ese archivo electrónico es el que, a través de su código seguro de verificación (CSV), va a constar en el asiento registral, como forma de constancia de un archivo electrónico en un asiento registral en soporte papel. Por ello, entendemos que en él han de constar todas las circunstancias que han llevado al Registrador a inscribir esa representación geográfica georreferenciada, entre ellas las circunstancias de contextualización de las coordenadas; es decir, los elementos geográficos utilizados para georreferenciar las mismas. Hay que recordar que el archivo GML es un documento de texto, no contiene imágenes.

Esos requisitos, a nuestro juicio son:

1. Coordenadas geográficas tomadas del GML catastral, administrativo o topográfico y de todas las circunstancias de contextualización de las mismas.
2. Código de finca registral.
3. Asiento de presentación con su fecha, a partir del que produce efectos la inscripción.
4. Fecha de la validación de la representación gráfica catastral o alternativa.
5. Superficie resultante de la misma.
6. Elementos geográficos sobre los que se han plasmado las coordenadas.

La simple expresión de las coordenadas descontextualizadas no es suficiente para justificar la decisión del Registrador. Estas coordenadas han de contextualizarse, mediante la expresión de esos elementos geográficos indicados, principalmente la cartografía catastral coetánea al momento de la inscripción y la ortofoto pública utilizada, que puede ser el PNOA, la autonómica o municipal que goce de mayor precisión, pues hay que recordar que el Registro de la Propiedad

opera finca por finca y no por manzanas o sectores de territorio, por lo que el Registrador ha de disponer en su aplicación informática de las mejores instrumentos geográficos públicos de los que pueda disponer. La mera constancia de las coordenadas puede dar lugar a error, si las mismas se georreferencian por un usuario en un escenario de configuración distinto al elegido por el Registrador para plasmar la representación geográfica.

Conformado el archivo GML registral, se firma electrónicamente por el Registrador para:

- a. Bloquear los datos, de tal forma que no puedan ser modificados sino en virtud de otro procedimiento registral, con el consentimiento del titular del derecho y la calificación positiva del Registrador.
- b. Generar un código seguro de verificación, que será el que luego se hará constar en la inscripción (Apartado 4º de la Resolución Circular).

Ese archivo registral electrónico se almacenará en los servidores locales del Registro y su representación gráfica se integrará en la aplicación informática geográfica registral auxiliar de la calificación, para que el Registrador pueda proceder a realizar el análisis de correspondencia.

3. Análisis de correspondencia. Mediante este análisis, el Registrador ha de llegar a la convicción sobre la correspondencia entre dicha representación y la finca inscrita, valorando la falta de coincidencia, siquiera parcial, con otra representación gráfica previamente inscrita, así como la posible invasión del dominio público (art. 9 b párrafo 5º).

Incorporada la representación geográfica georreferenciada aportada a la aplicación informática geográfica registral, podrá el Registrador mediante la superposición de ambos recintos determinar si se refieren *«básicamente a la misma porción del territorio y las diferencias de cabida, si las hubiera, no excedan del diez por ciento de la cabida inscrita»*. Además, ha de analizar la relación de la representación gráfica aportada con las fincas colindantes de la misma, de modo que no se impida *«la perfecta identificación de la finca inscrita ni su correcta diferenciación respecto de los colindantes»* (art. 9 b párrafo 6º).

Si llega a esta convicción, lo lógico sería que el Registrador pudiera inscribir la representación geográfica georreferenciada aportada, como complemento de la descripción de la finca y al servicio de su identificación y localización geográfica. Hay petición del propietario,

Es conveniente que en el momento de la formación del título o de la formación de la representación gráfica alternativa, tanto el Notario, como el técnico que suscriba la segunda dispongan de un dictamen sobre el estado descriptivo de la descripción de la finca en el Registro, con fundamentación geográfica, en su caso. El propietario podrá decidir si procede rectificar la descripción de la finca o aportar representación geográfica correcta de la misma, o a consentir la inscripción de la oficial que conste archivada en el Registro

representación geográfica que completa la descripción y calificación registral que protege al tercero que no interviene en el acto, exactamente como ocurre en la inscripción de cualquier derecho real.

Sin embargo, ello no es así. La ley exige un requisito más para poder inscribir la representación geográfica georreferenciada de la finca, cuando su inscripción sea potestativa: abrir un expediente de jurisdicción voluntaria ante el Registrador. Así dispone el artículo 9 b) párrafo 2º: *«Asimismo, dicha representación podrá incorporarse con carácter potestativo al tiempo de formalizarse cualquier acto inscribible, o como operación registral específica. En ambos casos se aplicarán los requisitos establecidos en el artículo 199»*.

2.3. El expediente para inscribir la representación geográfica georreferenciada de la finca

El artículo 199 se ubica en el título VI de la Ley Hipotecaria, que trata de la concordancia del Registro con la realidad jurídica extrarregistral, la cual se puede producir porque en nuestro Ordenamiento Jurídico los derechos nacen fuera del Registro, ya que la regla general es la de la inscripción voluntaria, pero necesaria para producir efectos frente a terceros. Por tanto, el redactor de la Ley 13/2015 entiende que toda inscripción de una representación geográfica supone una forma de concordar la realidad física registral con la extrarregistral, aunque no existan discrepancias previas entre ambas. Es decir, parece que equipara la primera inscripción de una representación geográfica georreferenciada de una finca ya inscrita con una inmatriculación, pero con

El párrafo 5º del artículo 199, dispone: «El Registrador denegará la inscripción de la identificación gráfica de la finca, si la misma coincidiera en todo o parte con otra base gráfica inscrita o con el dominio público». Por tanto, el artículo 199 parece imponer la notificación a un colindante registral afectado, pero si la representación geográfica georreferenciada invade otra inscrita previamente, denegación de la inscripción

requisitos más rigurosos que los del artículo 205 de la LH. Es decir, con esta ley es más fácil inmatricular una finca, que solo requiere notificación a posteriori a las personas citadas en el artículo 205, que inscribir una representación geográfica ya inscrita de una finca, que además de los títulos requiere la tramitación de un expediente, lo cual parece un contrasentido.

El único objeto del artículo 199 es publicar una alerta registral en el sistema de alertas geográficas a que se refiere el artículo 203 de la LH, en sede de expediente para la inmatriculación de fincas y abrir una fase de notificación a colindantes.

Por tanto, si después de haber realizado el análisis anterior, el Registrador llega a la convicción sobre la correspondencia entre la finca y la representación geográfica georreferenciada aportada, catastral o alternativa, no puede inscribirla sino «*tras ser notificada a los titulares registrales del dominio de la finca si no hubieran iniciado éstos el procedimiento, así como a los de las fincas registrales colindantes afectadas*» (art. 199.1 párrafo 2º). Y todo ello, «sin perjuicio de utilizar, en todo caso, el sistema de alertas previsto en la regla séptima del artículo 203».

a. La alerta registral

La alerta registral tiene como objeto advertir que una determinada finca está incurso en un expediente de inscripción geográfica georreferenciada en los supuestos determinados por la Ley. ¿En qué consiste esa alerta registral? Esa alerta consiste en la publicación de la geometría cuya inscripción se

solicita en el Geoportal de Servicios Registrales Geográficos del Colegio de Registradores, a que se refiere el apartado sexto de la Resolución Circular de 3 de noviembre de 2015 citada.

Es decir, cuando se presente el título, el Registrador remitirá la geometría de la misma a un visor Nacional alojado en el Geoportal de Servicios Registrales Geográficos, para que pueda visualizarse la misma con una etiqueta que indique el tipo de procedimiento de que se trate, el código de finca registral. Si luego esa inscripción no llega a producirse, la alerta será cancelada de oficio por el Registrador. Si llega a inscribirse, la representación geográfica quedará alojada en el libro de inscripciones gráficas del Registro y en el visor nacional de fincas con georreferenciación inscrita alojado en el geoportal registral, a los efectos de su mera visualización, sin efectos jurídicos.

b. La notificación a colindantes

El artículo 199 no impone la notificación a colindantes en todo caso, sino a los que resulten afectados ¿Cuándo una finca registral colindante resulta afectada por una representación gráfica? La respuesta no es clara.

El párrafo 5º del 199, dispone: «*El Registrador denegará la inscripción de la identificación gráfica de la finca, si la misma coincidiera en todo o parte con otra base gráfica inscrita o con el dominio público*». Por tanto, el artículo 199 parece imponer la notificación a un colindante registral afectado, pero si la representación geográfica georreferenciada invade otra inscrita previamente, denegará la inscripción. La lógica parece imponer que en el caso de invasión, ni siquiera se inicie el expediente del artículo 199, sino que directamente proceda la denegación de la inscripción. Y ello, porque en este caso lo que procede es un deslinde, como reconoce el párrafo 6º del artículo 199, cuando dispone: «Si la incorporación de la certificación catastral descriptiva y gráfica fuera denegada por la posible invasión de fincas colindantes inmatriculadas, el promotor podrá instar el deslinde conforme al artículo siguiente, salvo que los colindantes registrales afectados hayan prestado su consentimiento a la rectificación solicitada, bien en documento público, bien por comparecencia en el propio expediente y ratificación ante el Registrador».

Los dos párrafos son aparentemente contradictorios. Además en uno se habla de colindante con representación gráfica inscrita y en el otro de posible invasión de fincas colindantes inmatriculadas. La única interpretación posible es la siguiente:

El precepto se refiere a invasión de finca colindante con representación gráfica inscrita.

El Registrador notifica al colindante registral con representación geográfica inscrita como afectado. Si transcurrido el plazo no comparece, deniega la inscripción. Pero, si comparece, solo se inscribirá la representación gráfica si la consiente, pero no si se opone. Ese consentimiento tiene los efectos de un deslinde, aunque no se produzca en el seno del expediente del artículo 200.

Pero, ¿qué ocurre si el colindante registral con representación geográfica georreferenciada inscrita no resulta invadido por la que ahora se pretende inscribir? ¿Se le puede considerar como afectado? A nuestro juicio no. En ese caso, no tiene porqué ser notificado, pues el objeto del expediente no es un deslinde, sino la inscripción de una representación geográfica georreferenciada de la finca que completa la descripción literaria. Y es que uno de los mayores errores que comete la ley es la confusión entre los términos de identificación geográfica de la finca, que no debiera requerir el consentimiento de los colindantes y su deslinde o delimitación jurídica, que si la requiere. El término de delimitación geográfica se utiliza en un sentido impropio, pues referido a una finca, esta solo puede ser jurídica, basada en el consentimiento del propietario colindante y no geográfica, que deriva de una circunstancia física. Por tanto, una finca puede estar identificada geográficamente y no delimitada jurídicamente. Ni el Catastro ni el Registro tienen por objeto deslindar fincas. Esta es una facultad del propietario, como se desprende de los artículos 384 a 388 del Código Civil.

Por tanto, parece que el colindante registral con representación geográfica inscrita solo ha de ser notificado cuando resulte afectado por la inscripción de la representación geográfica georreferenciada que ahora que se pretende inscribir. Y resulta afectado cuando resulta invadida su finca.

Se plantea entonces una segunda cuestión ¿Qué pasa con los colindantes registrales cuyas fincas registrales no tienen representación geográfica georreferenciada inscrita? ¿Cómo se podrá llegar a determinar si están o no afectados por esa inscripción geográfica? Para responder a esa pregunta hemos de diferenciar una serie de situaciones:

1. Si la finca registral colindante tiene una representación geográfica georreferenciada previa a la entrada en vigor de la Ley 13/2015, el Registrador puede conocer la titularidad registral de la misma y el domicilio de la notificación, pues constan en el Registro. Pero ¿se le ha de notificar en todo caso? A nuestro juicio no. Solo cuando resulte

afectado, es decir, cuando resulte invadida esa representación geográfica georreferenciada previa y no inscrita.

Y, aunque no resulte invadido por la representación geográfica georreferenciada que ahora se pretende inscribir, pero la representación geográfica georreferenciada registral previa de su finca sea provisional, por existir incoherencias descriptivas entre la descripción literaria y la representación geográfica georreferenciada que se aportó en su día. En ese caso se le notificará como afectado, pues no se sabe con exactitud cuál es la representación geográfica georreferenciada de su finca.

Pero, a diferencia del supuesto anterior, donde si el colindante no comparecía y consentía se denegaba la inscripción, aquí si no comparece, se puede proceder a la inscripción de la representación geográfica georreferenciada solicitada, pues la previa no está inscrita, por lo que no se beneficia de los efectos del principio de legitimación registral del artículo 38 de la LH, en relación con el 10.5 de la misma. Incluso, si comparece y se opone, ello no quiere decir que no pueda inscribirse la representación geográfica georreferenciada aportada, pues dispone el párrafo 4º del artículo: «En los demás casos», es decir, cuando no se invada dominio público y cuando no exista representación geográfica georreferenciada inscrita de la finca colindante, «y la vista de las alegaciones efectuadas, el Registrador decidirá motivadamente según su prudente criterio, sin que la mera oposición de quien no haya acreditado ser titular registral de la finca o de cualquiera de las registrales colindantes determine necesariamente la denegación de la inscripción».

2. Si la finca registral colindante no tiene una representación geográfica georreferenciada previa:
 - a. El Registrador ha de procurar georreferenciarla para poder determinar:
 - Primero: el titular de la misma que ha de ser notificado.
 - Segundo: Si el mismo resulta afectado por la inscripción de la representación geográfica georreferenciada de la finca que se pretende inscribir, es decir, si resulta invadido, o no se puede determinar con exactitud esa invasión, ha de ser notificado.
- Si consigue formar en su aplicación informática geográfica registral la representación geográfica georreferenciada podrá determinar su

titular, a efectos de su notificación en su caso y podrá calificar la relación entre ambos recintos, a los efectos de decidir si notifica o no.

- b. Si no puede obtener su representación geográfica georreferenciada, utilizando los medios de los que disponga, no podrá determinar el titular de la misma que ha de ser notificado, en su caso, ni la relación con la colindante. El primer defecto se puede suplir con la notificación al Boletín Oficial del Estado, que impone el artículo 199, cuando el colindante sea desconocido o no reciba la notificación por dos veces. El segundo defecto es más problemático, pero en todo caso, el Registrador puede apreciar la invasión o no de las parcelas catastrales colindantes, pero queda a su prudente arbitrio el decidir si se conforma o no con la notificación a través del Boletín Oficial del Estado para decidir si inscribe o no la representación geográfica georreferenciada.

Es decir, la situación de afectados o no por la inscripción de la representación geográfica georreferenciada, que determina la necesidad de su notificación, es una cuestión que está sujeta a la calificación del Registrador en cada caso concreto.

Si lo que se aporta es una representación geográfica georreferenciada alternativa, el proceso es el mismo, solo que en las notificaciones hay que incluir, además a los titulares catastrales afectados. Causa extrañeza que el Registro tenga que proteger a personas que no han invocado la protección del Registro. No parece que si la mera oposición de un titular registral colindante no es suficiente para impedir la inscripción geográfica, menos aún si el opositor es un mero titular catastral, pues la representación geográfica de su parcela no tiene efectos frente a todos.

Lo lógico hubiera sido que la notificación a estos hubiera sido a posteriori y vía Boletín Oficial del Estado, máxime cuando puede ser que el titular catastral, que no es titular frente a todos, puede que ya no sea el titular real de la parcela.

2.4 La decisión del Registrador: la inscripción

La resolución del expediente del artículo 199 ha de terminar con una decisión positiva o negativa del Registrador, según la calificación sea positiva o negativa y según el resultado de las comparecencias en su caso.

- a. Si la calificación es negativa:
1. Si es porque se invade finca colindante ajena con representación gráfica inscrita, el resultado solo puede ser la denegación, conforme al artículo 199. Es decir, se requiere para la inscripción de la misma un nuevo otorgamiento formal en el que se rectifique la representación geográfica previa que no produzca invasión o consentimiento del titular de la finca invadida.
 2. Si lo es en base al resultado de las comparecencias, suspenderá la inscripción que puede recurrirse por las normas generales de la legislación hipotecaria.
- b. Si la calificación es positiva:
- El Registrador hará constar en la inscripción:
- a. La superficie cartográfica de la finca que consta en el GML registral. Si es distinta de la descripción literaria ha de notificar al propietario de la misma (art. 9 de la LH).
 - b. Las coordenadas de georreferenciación contextualizadas contenidas en el GML de la finca registral con el Código Seguro de Verificación de ese GML.
 - c. Hará constar en el acta de inscripción que inscribe la representación geográfica georreferenciada de la finca.
 - d. Y que la misma ha quedado coordinada (si es la catastral) o no coordinada con el Catastro (si es alternativa) gráficamente en la fecha determinada por el asiento.

La inscripción de la representación geográfica de la finca produce los siguientes efectos:

1. La extensión de los efectos del principio de legitimación registral a la delimitación geográfica de la finca. Ello presupone:
 - a. Que la delimitación geográfica de la finca es la que resulta del asiento registral.
 - b. Que si alguien sostiene una representación geográfica distinta de esa finca registral, ha de probarlo en el juicio correspondiente, invirtiéndose la carga de la prueba.
 - c. También se presume la posesión de la finca georreferenciada.
2. La aplicación del principio de prioridad registral geográfica, pues la representación geográfica que primero accede al Registro, excluye a la contradictoria que pretenda inscribirse con posterioridad, aunque el derecho inscrito sea de fecha anterior al derecho sobre la finca registral cuya

representación geográfica se inscribió primero.

3. Un tercer efecto es el de la posibilidad de sincronizar los movimientos entre finca registral y parcela catastral, pues una vez inscrita la representación geográfica georreferenciada de la finca registral, las posteriores alteraciones de Catastro realizadas de conformidad con su normativa específica, solo darán lugar a su descoordinación geográfica, pues la representación geográfica georreferenciada inscrita de la finca solo podrá modificarse por voluntad del propietario en otro procedimiento registral.

3. SUPUESTOS ESPECIALES DE INSCRIPCIÓN GEOGRÁFICA GEORREFERENCIADA

1. En los supuestos de inscripción obligatoria de las representaciones geográficas georreferenciadas de la finca, se excluye la notificación a colindantes en los supuestos de reparcelaciones, concentraciones parcelarias, expropiación forzosa o deslindes administrativos, pues los colindantes ya comparecen en el expediente. En los supuestos de segregación, no es necesario la notificación a colindantes, pues no la exige la Ley Hipotecaria, sin que sea aplicable el artículo 199 que se refiere a supuestos de inscripción potestativa, siempre que se cumplan los requisitos del artículo 9 respecto de la finca segregada, aunque no conste inscrita la representación gráfica de la finca matriz, que es potestativa. En los supuestos de agrupación, agregación, división o parcelación, sí que parece lógico depurar la situación de las fincas originarias, mediante el expediente del artículo 199, para poder inscribir las resultantes, en cumplimiento de un principio hipotecario del tracto sucesivo registral geográfico.
2. La inscripción de una obra nueva no se modifica en sus aspectos sustantivos, que siguen siendo los exigidos por la legislación del suelo y de ordenación territorial y urbanística competente. Sin embargo, se añade a ello la obligación de archivar en el Registro de la Propiedad el Libro del Edificio, sin el cual no puede practicarse la inscripción. Respecto a la inscripción de la representación geográfica, su falta no impide la inscripción del acto jurídico de declaración de la obra nueva, pues no se incluye en los supuestos de inscripción

obligatoria del artículo 9 de la LH. Además, según la interpretación de la Resolución Circular citada, no se pueden inscribir las coordenadas de georreferenciación de la superficie ocupada por la edificación sin inscribir previamente la representación geográfica georreferenciada de la finca sobre la que se declara la obra nueva, la cual es potestativa, conforme al artículo 9 en relación con el artículo 199. Es decir, en este caso la inscripción de la representación geográfica georreferenciada de la finca requiere un requisito adicional, además de los citados en el artículo 199: la expresión de las coordenadas de la superficie de la finca ocupada por la edificación, tomadas del certificado técnico correspondiente.

Si se tratare de un edificio dividido horizontalmente, el Registrador podrá además inscribir la representación gráfica del elemento privativo tomada del proyecto técnico incorporado al Libro del Edificio que se archiva registralmente.

3. En la inmatriculación de fincas por la vía del artículo 205, solo se permite la inscripción de la representación geográfica georreferenciada catastral, no se admite la alternativa lo cual es un contrasentido y la notificación a los colindantes se realiza una vez practicada la inscripción, suspendiéndose los efectos de la fe pública por espacio de dos años.

Sobre el autor

Pedro Fandos Pons

Licenciado en Derecho por la Universidad de Valencia, promoción 1989-1994, Registrador de la Propiedad desde el año 2003, en los Registros de Aliaga, Castellote, Benissa, siendo titular actualmente del Registro de la Propiedad de Dolores (Alicante). Certificado de Estudios Avanzados de la Universidad de Valencia por el Trabajo de investigación «Derecho de propiedad, información ambiental y sistema registral». Doctor en Derecho Civil por la Universidad de Valencia con la tesis: «Los efectos jurídicos de la identificación y descripción de las fincas registrales», adaptada posteriormente a la Ley 13/2015 y publicada por la Editorial Tiran lo Blanch en Julio de 2016. Actualmente es Vocal de la Junta de Gobierno y Director del Servicio de bases gráficas registrales, medio ambiente y consumidores del Colegio de Registradores de la Propiedad, Mercantiles y de Bienes Muebles.

Uso de drones para la documentación 3D del patrimonio arquitectónico integrado en el proyecto Geoparque Las Loras (Burgos-Palencia): el Castillo Medieval de Úrbel

REVISTA **MAPPING**
Vol. 25, 178, 52-59
julio-agosto 2016
ISSN: 1131-9100

Implementation of UAV-technology for the 3D documentation of architectural heritage integrated within Las Loras Geopark project (Burgos-Palencia): the Middle Age Úrbel Castle

Javier Fernández Lozano⁽¹⁾, Gabriel Gutiérrez Alonso⁽²⁾, Asociación Argeol⁽³⁾
(Karmah Salman Monte, Jose Ángel Sánchez Fabian, Fernando G. García)

Resumen

El rápido crecimiento del mercado de los drones ha supuesto un notable impulso en el estudio del patrimonio, permitiendo el desarrollo de aeronaves y sensores, más ligeros y con capacidad para el registro de información digital de alta resolución, con un bajo coste. Esta tecnología permite la documentación y estudio de zonas donde los métodos tradicionales de cartografía no obtienen datos resolutivos. Presentamos la documentación 3D del castillo medieval de Úrbel, situado en la provincia de Burgos e integrado dentro del patrimonio arquitectónico del proyecto Geoparque las Loras. Los resultados obtenidos, constituidos por una ortoimagen, un modelo digital y un modelo fotorealístico texturizado de alta resolución, están enfocados al análisis del patrimonio cultural y arquitectónico para favorecer su preservación y la diseminación de información digital a través de una elevada calidad métrica.

Abstract

The rapid growth of UAV-technology has had a notable development in the study of the historic heritage, due to the improvement of aircraft and sensors technology, lighter and with increased capacity for the recording of high resolution and cost-effective digital information. These technologies assess the documentation and study of areas where traditional surveying methods do not provide enough accuracy. We present the 3D documentation of the Middle Age Castle of Úrbel, located in the province of Burgos, and integrated within the architectural heritage of Las Loras Geopark project. The obtained results, comprising a high-resolution orthomosaic, a digital model and a photorealistic 3D texture model, are focused on the analysis of the cultural and architectural heritage that aims at the preservation and diffusion of digital information, providing robust quality metrics.

Palabras clave: VANTS, patrimonio arquitectónico, Proyecto Geoparque, las Loras, Burgos.

Keywords: UAVs, architectural Heritage, Geopark Project, Las Loras, Burgos.

⁽¹⁾Facultad de Ciencias, Dpto. de Geología, Universidad de Salamanca (USAL)

jfl@usal.es

⁽²⁾Facultad de Ciencias, Dpto. de Geología, Universidad de Salamanca (USAL)

Department of Geology and Geography, Tomsk State University

gabi@usal.es

⁽³⁾Asociación Argeol. Proyecto Geoparque las Loras, Aguilar de Campoo (Palencia)

igeoloras@gmail.com

Recepción 28/05/2016
Aprobación 16/06/2016

1. INTRODUCCIÓN

Los drones o vehículos aéreos no tripulados (VANTs) presentan un notable interés en el campo comercial, militar y de investigación, para la realización de operaciones donde los métodos tradicionales de obtención de información cartográfica no permiten alcanzar resultados satisfactorios, por la dificultad que entraña el acceso a infraestructuras debido a su localización (i.e. edificios, resaltes rocosos, etc.) y complejidad geométrica, o cuando los recursos económicos son limitados (Mozas-Calvache et al., 2012; Hernández-López et al., 2013; Colomina y Molina, 2014; Fernández-Lozano et al., 2015). Esta tecnología tiene la capacidad de reducir el número de medidas terrestres realizadas, facilitando la obtención rápida y eficaz de datos georreferenciados para el registro, diagnóstico y preservación de bienes culturales, reduciendo así los costes de personal y tecnología (Muñoz-Nieto et al., 2014). Sin embargo, su baja autonomía, los condicionantes legales del marco regulatorio vigente y el control de la carga de pago (i.e. sensores) son el principal cuello de botella de esta tecnología (Pastor et al., 2007)

La reconstrucción 3D permite la reproducción de objetos reales en un ordenador, manteniendo sus características físicas (Karauguz et al., 2009; Cosido et al., 2014; Santise et al., 2014; Schuhr y Lee, 2015). Esto ha facilitado la aplicación de nuevas técnicas de documentación digital como la fotogrametría aérea asistida con drones en campos tan diversos como la topografía, ingeniería, arqueología, geología o el patrimonio (Mancini et al., 2013; Nex y Remondino, 2014; Fernández-Lozano and Gutiérrez-Alonso, 2016). Las grandes virtudes de esta tecnología se basan en la precisión de los datos obtenidos, su bajo coste y las posibilidades de gestión digital de los resultados, abarcando desde su integración en un SIG, hasta la generación de archivos básicos para la reconstrucción completa de un yacimiento, una edificación o un levantamiento topográfico (Ruíz-Sabina et al., 2015).

La fotogrametría digital permite obtener, a partir de imágenes, una nube de puntos georreferenciada de alta densidad, gracias al uso de flujos de trabajo y nuevas herramientas de procesamiento y captura mejoradas de carácter comercial, gratuito o particular (Pastor et al., 2007; González-Aguilera et al., 2013; Hernández-López et al., 2013; Torres-Martínez et al., 2015; Hernández-López et al., 2016). En esta línea, trabajos como los realizados por Jizhou et al. (2004) han aportado nuevas simplificaciones del método de procesamiento que, con ayuda de los elementos internos de la imagen y un grupo de coordenadas, permite reconstruir tridimensionalmente un objeto a partir de una única imagen.

La adquisición de imágenes aéreas para el estudio

y preservación del patrimonio arquitectónico ha ido en aumento en los últimos años. La facilidad de recoger información en puntos de difícil acceso, reduciendo los costes derivados de personal y auxiliares (i.e. andamiaje, pasarelas, etc.) ha simplificado de forma notable los flujos de trabajo (Nuttens et al., 2008; Puschel et al., 2008; Cobos et al., 2015). En este sentido, los drones abren un nuevo campo de desarrollo tecnológico en el ámbito del patrimonio enfocado a su difusión y preservación, gracias a la e-reconstrucción, la elaboración de dibujos digitales, modelos 3D y la realidad aumentada (Bruno et al., 2010; Santano y Esmaeili, 2014; Balleti et al., 2015). Siguiendo esta línea de trabajo, hemos realizado la documentación 3D de la fortaleza medieval de Úrbel del Castillo, situado en la provincia de Burgos. El objetivo es proporcionar una información cartográfica precisa y la elaboración de un modelo fotorealístico 3D que permita futuros planes de restauración del recinto para su preservación (actualmente se encuentra en estado de ruina), así como su difusión como elemento del patrimonio arquitectónico enmarcado dentro del territorio que abarca el Proyecto Geoparque las Loras.

2. EL CASTILLO MEDIEVAL DE ÚRBEL

La fortaleza medieval se sitúa en el municipio de Úrbel del Castillo (provincia de Burgos), sobre la accidentada comarca del Tozo, constituida por páramos calcáreos (Figura 2). Los restos conservados se alzan en la cima de un destacado promontorio rocoso y están caracterizados por la presencia de un torreón, una terraza amurallada, que consiste en un antemuro para la defensa de la entrada y un muro inferior aún conservado en la base, así como un aljibe. La torre, de planta pentagonal y alargada, está levantada en la parte más alta del promontorio. Sus muros sólo conservan 5 merlones o almenas acabadas en triángulo y dos puertas rectangulares que sugieren la presencia de cadalsos en



Figura 1. Panorámica del Castillo de Úrbel sobre el promontorio calcáreo de Peñas Altas

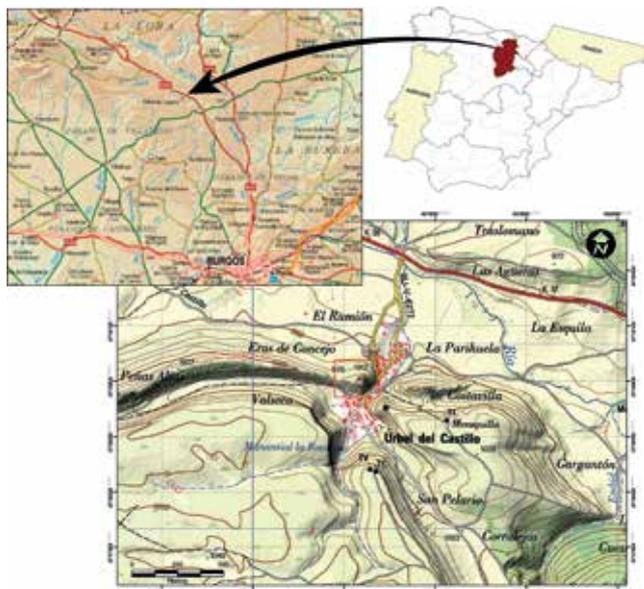


Figura 2. Localización geográfica de la fortificación de Úrbel del Castillo (provincia de Burgos)

la cara este y oeste del recinto. En el interior presenta dos arcos apuntados y unas saeteras que aún se conservan. Los estudios arqueológicos realizados indican que el castillo estaba constituido por varios niveles a los que se accedía por escaleras, algunas de las cuales se preservan talladas en la roca (Cadiñanos-Bardeci, 1987). El recinto amurallado presenta además varias estructuras circulares excavadas que podrían haber servido para asentar columnas de sustentación de las estancias.

Su origen se remonta al siglo XI, durante la expansión del condado castellano desde la Cordillera Cantábrica. Por su tamaño y localización, pudo servir como fortaleza para el control militar de los terrenos que separaban los reinos de Navarra y Castilla, en continua disputa. El castillo fue incorporado a la corona de Castilla durante la batalla de Atapuerca (1054). Más tarde, la atalaya sirvió para el control de los páramos próximos de Masa y alto Tozo, dedicados a la ganadería trashumante de la Mesta. Los restos actuales conservan el estilo gótico de las transformaciones sufridas durante la ocupación por la familia de los Zúñiga entre finales del siglo XIV y principios del XV (Pérez De Urbel, 1970).

3. MÉTODO

La documentación 3D se realizó mediante el uso de un drone cuadricóptero con batería eléctrica y autonomía de vuelo de hasta 30 minutos, con capacidad para despegar y aterrizar directamente desde la vertical. El aparato lleva incorporado un sistema GPS y una serie de acelerómetros o Unidades de Medida Inercial (IMU) para la orientación externa. Debido a la fuerte topografía del recinto y la complejidad

del farallón rocoso, afectado por una intensa red de fracturas y desprendimientos, se optó por la realización manual del vuelo para la obtención de las imágenes. Esto permitió realizar vuelos a distinta altura y proximidad con respecto al conjunto de elementos arquitectónicos estudiados. La georreferenciación del mismo se llevó a cabo con 3 puntos de control (GCP) terrestres a partir de la combinación de los datos aportados por el aparato, la fotografía aérea del plan PNOA y los modelos LiDAR (1m) del Instituto Geográfico Nacional gratuitos y accesibles desde www.ign.es.

Las fotografías aéreas obtenidas desde distintos ángulos y alturas permitieron el ajuste de pares fotogramétricos con un solapamiento de hasta el 70%. A diferencia de los métodos tradicionales, la técnica utilizada no posee escala y la orientación se logra mediante la fijación de puntos característicos en cada una de las imágenes (Mikhail et al., 2001). El procesamiento de las mismas se llevó a cabo identificando las características comunes en cada una de las imágenes mediante el uso de diversos algoritmos para obtener la relación dimensional entre ellas. Para la realización de este trabajo se tuvo en cuenta las dimensiones de la superficie a cubrir, la altura del vuelo y otros parámetros como velocidad del aparato, etc. (Tabla 1).

El vuelo se realizó siguiendo órbitas circulares que permitiesen la obtención de imágenes desde distintos ángulos. Debido a la complejidad del afloramiento, se procedió a realizar distintas pasadas variando el ángulo de la cámara entre 65° y 75°, así como la toma desde distintas distancias (Figura 3). La toma de imágenes se realizó cada 8 m en la horizontal y 8 m en la vertical para poder obtener un solapamiento óptimo entre imágenes y reducir el número total de las mismas para facilitar el procesamiento posterior del modelo. Las fotografías aéreas presentan georreferenciación mediante sistema de posicionamiento satélite (GNSS) integrado en el aerodino. Los datos de errores cuadráticos y resolución, así como los parámetros de la cámara, pueden consultarse en la Tabla 1.

El procesado de las imágenes y la corrección de efectos de la lente de la cámara se realizó con el software Pix4D®, que presenta una extensión para los distintos tipos de cámaras de drones. El ajuste de los parámetros internos y externos de la imagen y la calibración de cámara que realiza el programa está basado en el algoritmo de Strecha et al., (2008), de uso arraigado en trabajos fotogramétricos aéreos (Vallet et al., 2011).

4. RESULTADOS

El objetivo propuesto en este trabajo es dotar al proyecto Geoparque las Loras de elementos del patrimonio cultural y arquitectónico con material cartográfico para su

Datos de cámara	
Distancia Focal	5 mm
Tamaño de sensor	1/2.3"
Sensor	12 Mpx
Vuelo VANT	
Superficie	2 ha
Nº de imágenes	279
Velocidad	2 m/s
Elevación	variable
Sistema de coordenadas	WGS84
Resolución media	4.8 cm/pix
Sistema de coordenadas de salida	WGS84-UTM
RMS error de GCP	0.2 m
Error Medio de reproyección de puntos (pixel)	0.1 pixel
RMS (x)	0.5 m
RMS (y)	0.7 m
RMS (z)	1.1

Tabla 1. Parámetros del vuelo realizado con VANT



Figura 3. Planificación de vuelo con VANT y área cubierta en este trabajo

conservación y puesta en valor. La principal dificultad del trabajo estaba representada por la intensa vegetación en algunos puntos y la fuerte orografía del terreno que complicaron la toma de imágenes. El vuelo tuvo una duración de 30 minutos durante el cual se realizaron varias pasadas modificando el ángulo de inclinación de la cámara y la posición del aparato.

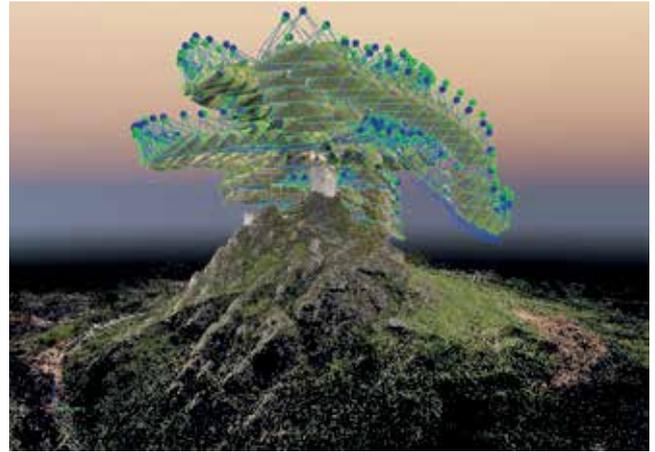


Figura 4. Nube de puntos densificada obtenida a partir del procesamiento automático de 279 imágenes tomadas alrededor del monumento. Se muestran los puntos y la orientación de cada una de las fotografías recogidas

En total se tomaron 279 imágenes para cubrir un área aproximada de 2 ha, con un volumen de puntos obtenidos de 124 p/m³. Con el procesamiento de las imágenes se obtuvo una nube de puntos densificada (Figura 4) a partir de la cual se generó el modelo digital de alta resolución (Figura 5) mediante el método de interpolación bilineal. Con este último se extrajeron los contornos de curvas de nivel a 1m y el ortomosaico de la zona (Figura 6). Los datos fueron incluidos en una plataforma SIG para su posterior visualización.

El uso de software fotogramétrico y de un volumen importante de imágenes que cubran posibles zonas de sombra proporciona un ajuste robusto para el tratamiento digital de elementos del patrimonio histórico. El modelo fotorealístico 3D obtenido muestra con detalle las zonas de mayor complejidad gracias a la capacidad para optimizar mallas de hasta 1 millón de puntos, con imágenes que alcanzan hasta los 31.691 puntos identificados. Esta resolución se adapta a las condiciones del vuelo, la resolución del sensor de la cámara y las condiciones lumínicas, por lo que es necesaria una correcta planificación de los vuelos para la obtención de los mejores resultados.

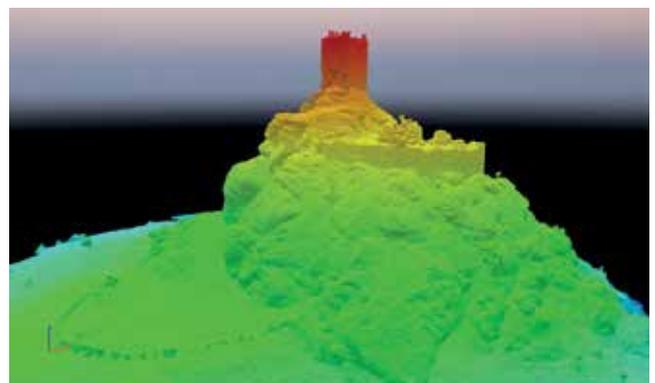


Figura 5. Modelo digital 3D del entorno del castillo de Úrbel

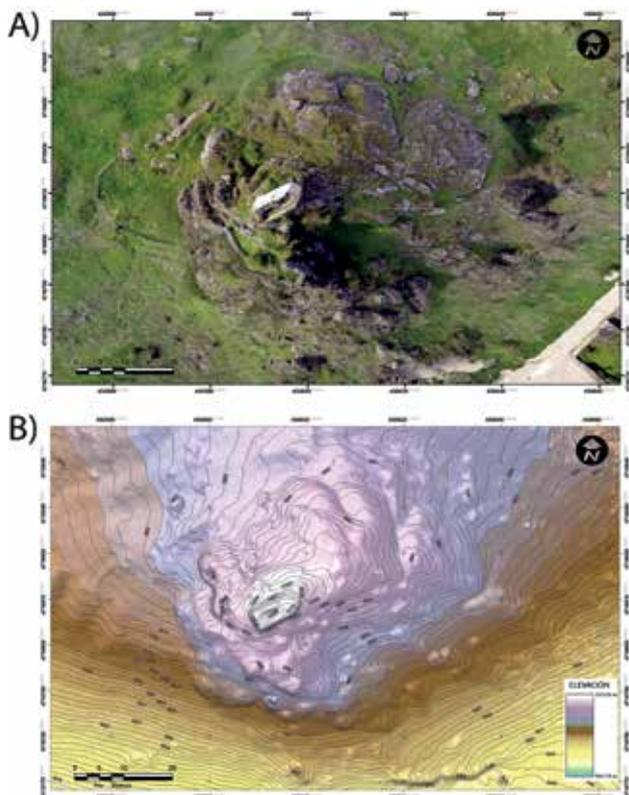


Figura 6. A) Ortomosaico y B) Modelo digital con mapa de contornos a 1m

5. USO DE DRONES PARA LA DOCUMENTACIÓN DE PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO

La elaboración de un modelo fotorealístico 3D del Castillo de Úrbel permite la difusión del patrimonio arquitectónico y su preservación con el fin de realizar futuras actuaciones de conservación y restauración (Figura 7). La alta calidad de la información digital obtenida permite su uso como reclamo turístico integrado dentro de las acciones propuestas para la visualización de patrimonio dentro del Proyecto de Geoparque las Loras. Los resultados obtenidos permiten ilustrar de forma fiel y detallada la geometría de la fortaleza, facilitando su difusión al público de forma realista a través de recursos virtuales. Los modelos pueden ser integrados en plataformas de realidad aumentada o como contenido web, incrementando las posibilidades de promoción del patrimonio arquitectónico y su conservación. La reproducción de elementos texturizados facilita la visualización desde distintos ángulos y perspectivas que de otro modo no serían posibles, al encontrarse limitado por la altura y localización del elemento arquitectónico. De esta forma se facilita la interacción entre el público y el objeto de interés, ofreciendo la posibilidad

de visualizar el monumento desde cualquier perspectiva. Un ejemplo de una de dichas representaciones se puede encontrar en: <https://www.youtube.com/watch?v=ON-IWUD5yzkQ>

Gracias al rápido crecimiento de la tecnología VANT de bajo coste se pueden elaborar trabajos fotogramétricos de detalle con la utilización de escasos recursos, para la realización de levantamientos cartográficos y/u obtención de modelos digitales de alta resolución con diversas aplicaciones en el mundo de la cartografía, la ingeniería, la arqueología o el patrimonio (Eisenbeiss y Zhang, 2006; Hendrickx et al., 2011; Mancini et al., 2013; Ruíz et al., 2014).

Uno de los usos más extendido es el de la conservación del patrimonio arqueológico y arquitectónico. Son numerosos los ejemplos de reconstrucciones tridimensionales de edificios para la realización de trabajos descriptivos y de restauración (Püschel et al., 2008; Roca et al., 2013; Blockley y Morandi, 2015). Gracias a este tipo de tecnologías, los científicos pueden hacer más accesibles los resultados de sus investigaciones, mostrando las ventajas de la tecnología para el estudio del patrimonio y su conservación. La rápida evolución y desarrollo de nuevas técnicas y herramientas para la medición de monumentos llevada a cabo desde el siglo XVI ha facilitado que la representación arquitectónica y los elementos del patrimonio pudiesen llegar a ser catalogados. Así, desde el siglo XIX se ha producido una auténtica revolución en la producción de esquemas complementados con trabajos topográficos e informes ilustrados (Núñez-Andrés y Buil-Pozuelo, 2008). La llegada de nuevos flujos de trabajo y tecnologías basados en la representación de modelos 3D virtuales que incluyen información de color y textura, ha desbancado a la información 2D. Técnicas como el LiDAR o la fotogrametría, no invasivas y rápidas facilitan los trabajos de adquisición de información digital y suponen un reto para la mejora de los trabajos de restauración (Nagai et al., 2009; Novaković et al., 2014; Smith et al., 2014; Torres-Martínez et al., 2014; Kersten et al., 2015).

El estudio de edificaciones antiguas en precario estado de conservación ha ganado interés en los últimos años por la necesidad de conservar el patrimonio europeo. La llegada de planes de actuación sobre monumentos representativos y financiación para su preservación ha supuesto un reto para los investigadores encargados de analizar patologías y establecer rutinas y flujos de trabajo que mejoren la calidad de los trabajos de documentación. En este sentido los drones han supuesto un revulsivo en la captura y visualización de información digital (Neitzel y Klonowski, 2011; Zarnowski et al., 2015), aunque aún con ciertas limitaciones por aspectos como la autonomía de vuelo y la legislación europea vigente (Díaz, 2015).

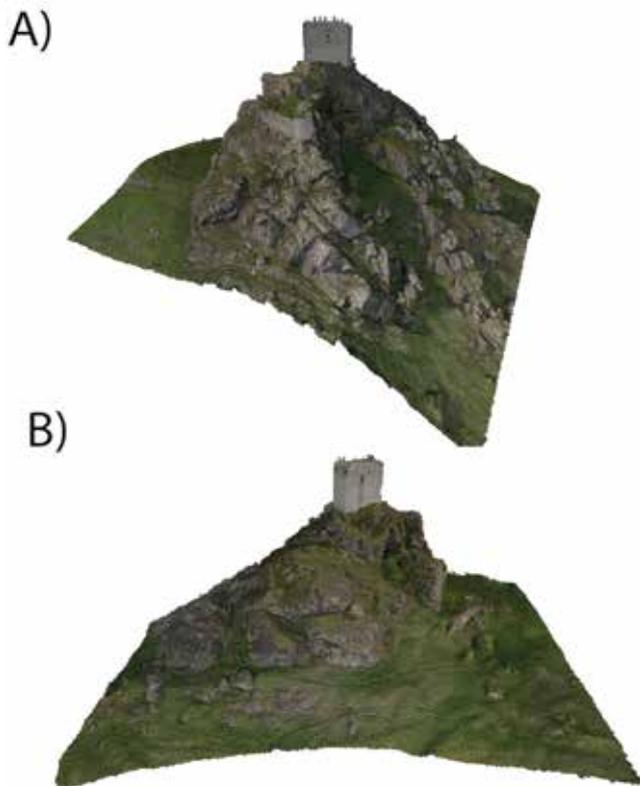


Figura 7. Modelo fotorealístico 3D del Castillo medieval de Úrbel

6. CONCLUSIONES

El uso de drones para la documentación de patrimonio ha supuesto un importante avance para la descripción, preservación y difusión de elementos arquitectónicos en peligro de desaparición. Este tipo de tecnología representa un importante avance sobre otros métodos tradicionales de documentación digital como el láser terrestre, aumentando la calidad de la información digital y reduciendo el tiempo de procesamiento para obtener imágenes tridimensionales con suficiente resolución. La entrada en el mercado de drones de tipo cuadricóptero de bajo coste con cámaras comerciales posibilita la adquisición de información digital y la elaboración de modelos tridimensionales en superficies de trabajo reducidas, donde la capacidad de maniobra se ve comprometida por la complejidad de la infraestructura estudiada. El estudio fotogramétrico realizado con este tipo de aparatos sobre el castillo de Úrbel, integrado dentro del Proyecto Geoparque las Loras, permite la obtención de un modelo fotorealístico 3D digital para su difusión en plataformas web y aplicaciones móvil, facilitando el conocimiento y la interacción del público con elementos del patrimonio histórico de la zona. Los datos obtenidos pueden ser también utilizados desde el punto de vista científico para la recuperación y restauración de zonas dañadas o en estado de ruina, al facilitar la cartografía del recinto y su entorno.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad CGL2013-46061-P y por el proyecto del Programa de Financiación de Grupos de Investigación del Plan Estratégico de Investigación y Transferencia de Conocimiento de la USAL. Los autores desean agradecer a la Junta de Castilla y León por la financiación de Javier Fernández-Lozano. El trabajo fotogramétrico fue realizado con una versión de prueba proporcionada por Pix4D. El Proyecto Geoparque las Loras desea agradecer la colaboración de la Universidad de Salamanca, así como de los organismos que han contribuido al desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS

- Balletti, C., Guerra, F., Scocca, V., Gottardi, C. (2015). *3D integrated methodologies for the documentation and the virtual reconstruction of an archaeological site*. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40(5), 215.
- Blockley, P., Morandi, S. (2015). *The recording of two late Roman towers, Archaeological Museum, Milan 3D documentation and study using image-based modelling*. In 2015 Digital Heritage (Vol. 1, pp. 103-106). IEEE.
- Bruno, F., Bruno, S., De Sensi, G., Luchi, M.-L., Mancuso, S., Muzzupappa, M., 2010. *From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition*. Journal of Cultural Heritage 11, 42-49.
- Cadiñanos-Bardeci, I. C. (1987). *Arquitectura fortificada en la provincia de Burgos*. Excma. Diputación Provincial. 270 pp.
- Cobos, Ó. J., Rogina, P. S., Vega, L. T., López, Ó. R., Casuso, D. A., Almazán, D. V., Vidal, E. S. (2015). *Virtual documentation of different structures in the urban archaeological site of Velarde Square in Santander*. In 2015 Digital Heritage (Vol. 2, pp. 691-694). IEEE.
- Colomina, I., Molina, P. (2014). *Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 92, 79-97.
- Cosido-Cobos, Ó. J., Catuogno, R., Gálvez Tomida, A., Iglesias Prieto, A., Loucera, C., Cappellini, V., Campi, M., Sainz Vidal, E. (2014). *Documentación tridimensional del patrimonio histórico mediante hibridación de técnicas de visión artificial e ingeniería inversa: el Palacio de la Magdalena en Santander*.
- Díaz, E. D. (2015). *Uso legal de drones. Una aproximación jurídica a las aeronaves no tripuladas*. Revista Aranzadi Doctrinal, (10), 191-211.

- Eisenbeiss, H., Lambers, K., Sauerbier, M., Li, Z. (2005). Photogrammetric documentation of an archaeological site (Palpa, Peru) using an autonomous model helicopter. In CIPA 2005 (pp. 238-243).
- Fernández-Lozano, J., Gutiérrez-Alonso, G., Salman-Monte, K., Sánchez-Fabian, J.Á., García, F. (2015). *Tecnología VANT de bajo coste para reproducción 3D y preservación del registro arqueológico del proyecto de Geoparque las Loras (Palencia-Burgos)*. Revista Mapping, 24, 172. 4-11.
- Fernández-Lozano, J., Gutiérrez-Alonso, G. (2016). *Improving archaeological prospection using localized UAVs assisted photogrammetry: An example from the Roman Gold District of the Eria River Valley (NW Spain)*. Journal of Archaeological Science: Reports, 5, 509-520.
- González-Aguilera, D., Guerrero, D., Hernández-López, D., Rodríguez-Gonzálvez, P., Pierrot, M., & Fernández-Hernández, J. (2013). PW, Photogrammetry Workbench.
- Hendrickx, M., Gheyle, W., Bonne, J., Bourgeois, J., De Wulf, A., Goossens, R. (2011). *The use of stereoscopic images taken from a microdrone for the documentation of heritage—An example from the Tuekta burial mounds in the Russian Altay*. Journal of Archaeological Science, 38(11), 2968-2978.
- Hernandez-Lopez, D., Felipe-Garcia, B., Gonzalez-Aguilera, D., Arias-Perez, B., 2013. *An Automatic Approach to UAV Flight Planning and Control for Photogrammetric Applications: A Test Case in the Asturias Region (Spain)*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 79, pp. 87-98.
- Hernandez-Lopez, D., Gomez-Lahoz, J., Fernandez-Hernandez, J., Gonzalez-Aguilera, D. (2016). *Performance Quality Control of Pushbroom Sensors in Photogrammetric Flights*. Sensors Journal, IEEE, 16(2), 365-374.
- Hernandez-Lopez, D., Felipe-Garcia, B., Gonzalez-Aguilera, D., Arias-Perez, B. (2013). *An Automatic Approach to UAV Flight Planning and Control for Photogrammetric Applications*. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 79(1), 87-98.
- Jizhou, W., Zongjian, L., Chengming, L. (2004). *Reconstruction of buildings from a single UAV image*. In Proc. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress (pp. 100-103).
- Kersten, T., Mechelke, K., Maziull, L., 2015. *3D model of Al Zubarah fortress in Qatar- Terrestrial laser scanning vs. dense image matching*. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 1, 1-8.
- Karauğuz, G., Çorumluoğlu, Ö., Kalaycı, İ., Asri, İ. (2009). *3D Photogrammetric model of Eflatunpinar monument at the age of Hittite empire in Anatolia*. Journal of Cultural Heritage, 10(2), 269-274.
- Mancini, F., Dubbini, M., Gattelli, M., Stecchi, F., Fabbri, S., Gabbianelli, G., 2013. *Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for high-resolution reconstruction of topography: The structure from motion approach on coastal environments*. Remote Sensing 5, 6880-6898.
- Mikhail, E. M., Bethel, J. S., McGlone, J. C. (2001). *Introduction to modern photogrammetry (Vol. 1)*. John Wiley & Sons Inc.
- Mozas-Calvache, A. T., Pérez-García, J. L., Cardenal-Escarzana, F. J., Mata-Castro, E., Delgado-García, J. (2012). *Method for photogrammetric surveying of archaeological sites with light aerial platforms*. Journal of Archaeological Science, 39(2), 521-530.
- Núñez-Andrés, M.A.N., Buil-Pozuelo, F. (2009). *Evolution of the architectural and heritage representation*. Landscape and Urban Planning, 91(2), 105-112.
- Muñoz-Nieto, A. L., Rodríguez-Gonzálvez, P., González-Aguilera, D., Fernández-Hernández, J., Gómez-Lahoz, J., Picón-Cabrera, I., Herero-Pascual, D., Hernandez-Lopez, D. (2014). *UAV archaeological reconstruction: The study case of Chamartin Hillfort (Avila, Spain)*. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2(5), 259.
- Nagai, M., Chen, T., Shibasaki, R., Kumagai, H., Ahmed, A., (2009). *UAV-borne 3-D mapping system by multisensor integration*. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on 47, 701-708.
- Neitzel, F., Klonowski, J., 2011. *Mobile 3D mapping with a low-cost UAV system*. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci 38, 1-6.
- Nex, F., Remondino, F., 2014. *UAV for 3D mapping applications: a review*. Applied Geomatics 6, 1-15.
- Novaković, G., Mlekuž, D., Rozman, L., Lazar, A., Peric, B., Cerkvėnik, R., .Peternelj, K., Erič, M. (2014). *New Approaches to Understanding the World Natural and Cultural Heritage by Using 3D Technology: UNESCO's Škocjan Caves, Slovenia*. International Journal of Heritage in the Digital Era, 3(4), 629-641.
- Nuttens, T., De Wulf, A., Goossens, R., Tytgat, C., Van Damme, D., Devriendt, D. (2008). *Using digital photogrammetric restitution for the virtual reconstruction of the walls around the Titani'acropolis (Greece)*. In 1st International EARSeL Workshop "Advances on Remote Sensing for Archaeology and Cultural Heritage Management" (pp. 253-256).
- Pastor, E., Lopez, J., Royo, P. (2007). *UAV payload and mission control hardware/software architecture*. Aerospace and Electronic Systems Magazine, IEEE, 22(6), 3-8.
- Pérez De Urbel, J. P. (1970). *El Condado de Castilla: los 300 años en que se hizo Castilla (Vol. 2)*. Editorial Siglo Ilustrado. 319 pp.
- Püschel, H., Sauerbier, M., Eisenbeiss, H. (2008). *A 3D model of Castle Landenberg (CH) from combined photogrammetric processing of terrestrial and UAV-based images*.

- Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci, 37, 93-98.
- Roca, D., Lagüela, S., Díaz-Vilariño, L., Armesto, J., Arias, P. (2013). *Low-cost aerial unit for outdoor inspection of building façades*. Automation in Construction, 36, 128-135.
- Ruiz-Sabina, J.J., Díaz-Mas, L., Pérez, F., Viguria, A., (2014). *Evaluación de la exactitud de algoritmos de generación de imágenes uav*. Revista Mapping 23, 38-44.
- Santano, D., Esmaeili, H. (2014, December). *Aerial videography in built heritage documentation: The case of Post-Independence Architecture of Malaysia*. In Virtual Systems & Multimedia (VSM), 2014 International Conference on (pp. 323-328). IEEE.
- Santise, M., Fornari, M., Forlani, G., Roncella, R. (2014). *Evaluation of DEM generation accuracy from UAS imagery*. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40(5), 529.
- Schuh, W., Lee, J. D. (2015). *Filling gaps in cultural heritage documentation by 3D photography*. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40(5), 365.
- Smith, N. G., Passone, L., Al-Said, S., Al-Farhan, M., Levy, T. E. (2014). *Drones in Archaeology: Integrated Data Capture, Processing, and Dissemination in the al-Ula Valley, Saudi Arabia*. Near Eastern Archaeology (NEA), 77(3), 176-181.
- Strecha, C., von Hansen, W., Gool, L. V., Fua, P., Thoennessen, U. (2008). *On benchmarking camera calibration and multi-view stereo for high resolution imagery*. In Computer Vision and Pattern Recognition, 2008. CVPR 2008. IEEE Conference on (pp. 1-8). IEEE.
- Torres-Martínez, J. A., Hernández-López, D., González-Aguilera, D., Hidalgo, M. A. M. (2014). *A hybrid measurement approach for archaeological site modelling and monitoring: the case study of Mas D'is, Penàguila*. Journal of archaeological science, 50, 475-483.
- Torres-Martínez, J., Seddaiu, M., Rodríguez-González, P., Hernández-López, D., González-Aguilera, D., 2015. *A Multi-Data Source and Multi-Sensor Approach for the 3d Reconstruction and Visualization of a Complex Archaeological Site: the Case Study of Tolmo de Minateda*. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 1, 37-44.
- Vallet, J., Panissod, F., Strecha, C., Tracol, M., 2011. *Photogrammetric performance of an ultra light weight singlet UAV, UAV-g*.
- Zarnowski, A., Banaszek, A., Banaszek, S. (2015). *Application of technical measures and software in constructing photorealistic 3D models of historical building using ground-based and aerial (UAV) digital images*. Reports on Geodesy and Geoinformatics, 99(1), 54-63.

Sobre los autores

Javier Fernández Lozano

Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad de Utrecht y experto en cartografía, teledetección y láser 3D, así como técnico en cartografía y fotogrametría por la Universidad Politécnica de Madrid. Obtuvo el título de piloto de VANTS por el European Aviation College de Salamanca y es operador certificado de aeronaves no tripuladas por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA). En la actualidad trabaja como investigador en la Universidad de Salamanca, dedicado a los Sistemas de Información Geográfica y el estudio de los procesos geológicos responsables de la formación de montañas en la península ibérica mediante técnicas basadas en láser 3D, análisis espectral y gravimetría. Su actividad investigadora ha sido premiada con numerosas becas y premios de reconocido prestigio europeo, siendo sus trabajos publicados en revistas de alto impacto internacional. Durante los últimos años viene realizando una intensa labor de divulgación en temas relacionados con la topografía, la fotointerpretación del terreno y las aplicaciones SIG.

Gabriel Gutiérrez Alonso

Doctor en Ciencias Geológicas por la Universidad de Oviedo y profesor e investigador en la Universidad de Salamanca y Tomsk (Rusia). Es experto en geología estructural, tectónica y geocronología, así como en aplicaciones de escáner láser 3D aplicadas a la geología y arqueología. Durante su carrera profesional ha trabajado en geotécnica para la construcción de túneles y minería. Es director de varios proyectos de investigación de prestigio internacional y ha dirigido numerosas Tesis Doctorales. Recientemente ha recibido el reconocimiento de Miembro de Honor de la Sociedad Geológica Americana por su contribución a las Ciencias Geológicas.

Asociación Argeol

La Asociación de la Reserva Geológica de las Loras lleva más de una década trabajando en la investigación, divulgación, difusión y protección del patrimonio geológico del territorio. Asimismo, ha diseñado un plan integral para su puesta en valor al tiempo que promueve el reconocimiento y declaración del mismo como Geoparque Mundial de la UNESCO. Cuenta, entre sus integrantes y colaboradores, con geólogos, biólogos, técnicos en desarrollo local, arqueólogos, historiadores, artistas, etc. Pero, además, y lo más importante en un proyecto de este tipo, cuenta con el apoyo de la población local y el tejido social que participa de cuantas actividades se organizan.

Notarios, registradores e ingenieros en Geomática pronto hablaremos un mismo lenguaje, el jurigeomático

- En unos 15 o 20 años la mayor parte de los inmuebles habrán sido coordinados.
- Los profesionales de la propiedad han de ser permeables y recoger conocimientos de diversas fuentes: Geomática, Derecho, Informática, Valoración, Ordenación y Urbanismo, Sector agrario, Tributación, etc.
- La mejor inversión que puede hacer un profesional riguroso es formarse, y hacerlo de forma continuada.

Acaba de cumplirse un año desde que el BOE publicó la Ley 13/2015 de Reforma de la Ley Hipotecaria y del texto refundido de la Ley de Catastro Inmobiliario, una ley que entraba oficialmente en vigor el 1 de noviembre del año pasado y que busca soluciones prácticas al complejo problema derivado de la falta de coordinación gráfica entre la información catastral y la inscrita en los registros de la propiedad.

Fraguada la ley durante varios años, en su redacción participaron representantes de los colectivos implicados, con un claro deseo de lograr un texto legislativo y técnico que permitiese alcanzar lo que en otros modelos ya está en marcha y que, por las trayectorias no siempre coincidentes de las instituciones relacionadas, no se había logrado en España. Todos los actores del proyecto tuvieron que consensuar posturas y desprenderse de alguna de las propuestas con las que se iniciaron las conversaciones. Entre ellos el Colegio de Ingenieros en Geomática y Topografía, cuya labor fue clave en todas las etapas: concepción, discusión, redacción y propuesta definitiva.

«Creo que era una ley IMPRESCINDIBLE», subraya, así, en mayúsculas, el Doctor Ingeniero en Geodesia y Cartografía y Director de los Másteres sobre Catastro; Urbanismo y Valoración de la Universidad de Jaén, Manuel Alcázar, porque, en su opinión, «no se podía continuar con una deficiente seguridad geométrica en materia de identificación precisa de los derechos sobre los inmuebles». Y continúa indicando que «no se trata ya de localizar la finca; sino de incluir la cartografía catastral en el folio real, con el incremento de seguridad que esto conlleva, una vez ha quedado perfectamente definida en su ubicación, geometría y cabida».

Y a la vez que imprescindible ha sido una ley «valiente». Los Ingenieros Técnicos en Topografía, que tantos y tan buenos servicios han prestado para que los derechos, deberes y limitaciones sobre el territorio estén correctamente definidos, deben sentirse orgullosos de sus trabajos pretéritos y, sobre este reconocimiento actuar de forma proactiva en los nuevos retos que le brinda la sociedad.

«No hay que olvidar que un Estado Moderno se sustenta sobre el reconocimiento de los derechos, uno de los cuales es el de la propiedad», así lo manifiesta Alcázar, que está en excedencia como funcionario del Ministerio de Hacienda en la Dirección General del Catastro de España, en donde trabajó durante más de tres lustros. Completando esta reflexión con el reconocimiento del esfuerzo que los Ingenieros en Geomática y Topografía están realizando para brindar su apoyo a las Notarías y Registros de la Propiedad, a través de la sociedad, retomando unos trabajos para los que se les prepara convenientemente en las universidades y a través de la formación de postgrado. Podría decirse que están «volviendo a casa», trabajando en una parte del sector inmobiliario para el que, entre otros Francisco Coello, reconoció y promovió su desarrollo profesional.

Alcázar acuña el término «jurigeomático» para referirse a ese lenguaje común que pronto hablarán los colectivos profesionales implicados en la resolución de los problemas inmobiliarios: «Notarios y Registradores se ven obligados a conocer de Geomática y los geomáticos a entrar de lleno en el campo del Derecho; todos están respondiendo de la forma esperada, por lo que estoy seguro de que pronto hablaremos un mismo lenguaje, el jurigeomático». «Catastro, Notariado y Registro de la Propiedad son tres instituciones obligadas a entenderse; pienso que el catalizador de esta coordinación debe ser el Ingeniero en Geomática y Topografía, un profesional formado en estas materias que, por otra parte, está plenamente consolidado en muchos países», explica Alcázar.

«Notarios y Registradores se ven obligados a conocer de Geomática y los geomáticos a entrar de lleno en el campo del Derecho»

Precisamente, en aras de favorecer la intercomunicación entre estos sectores profesionales, el XI Congreso Internacional de Geomática y Ciencias de la Tierra TOPCART 2016, que se celebrará a finales de octubre en Toledo,

ha previsto que una de sus comisiones esté dedicada al Catastro y la Propiedad. Dicha comisión está presidida por el propio Alcázar y cuenta con la participación de representantes de todos los colectivos implicados.

Balance de la reforma legislativa

Sin duda, el Congreso Internacional de Geomática y Ciencias de

la Tierra que organiza el Colegio de Ingeniería Geomática y Topografía a finales de octubre, TOPCART2016, será el marco idóneo para realizar un balance sobre la aplicación de la reforma legislativa, puesto que cuando se desarrolle el evento estará a punto de cumplirse un año de su entrada en vigor. En esta línea está previsto, entre otras actividades, la celebración de las siguientes mesas redondas:

1. «Un año de la entrada en vigor de la Ley 13/2015»
2. «Importancia del técnico geomático en la coordinación institucional: Catastro, Registro de la Propiedad y Notariado»

a las que se han invitado a reconocidos profesionales españoles y extranjeros, en representación de administraciones, universidades, empresas y colegios profesionales.

Alcázar indica, como elementos de la nueva normativa que están costando asumir, la interoperabilidad, el flujo inmediato de información, el lenguaje GML o el cambio de paradigma. En este sentido, pone de manifiesto que todas las instituciones implicadas están colaborando activamente para lograr el éxito del proyecto a través cursos, jornadas, encuentros, publicaciones, etc. destinadas a reestructurar la forma de pensar y trabajar de sus colectivos en aras de una «re-inscripción» de la realidad inmobiliaria.

«No se puede pretender coordinar decenas de millones de parcelas catastrales y fincas registrales de inmediato», evidencia el Doctor en Geodesia y Cartografía, para quien si se trabaja como hasta ahora, en este clima de colaboración y confianza, «en una generación (15 ó 20 años) la mayor parte de los inmuebles habrán sido coordinados».

Un ámbito con perspectivas laborales para los Ingenieros en Geomática y Topografía

Pese a que la coyuntura laboral no es la mejor que hemos conocido, Alcázar se muestra optimista respecto a las perspectivas laborales para un Ingeniero en Geomática y Topografía en este ámbito: «millones de parcelas (rústicas y urbanas) entran cada año en el mercado o cambian de mano por herencias, expropiaciones, etc. La sociedad ya no puede permitirse aproximaciones geomáticas. Hay que conocer qué hay, dónde está, cómo es, de quién es y cuánto vale; y para ello quién mejor que los técnicos que lo han sabido hacer durante décadas». Se está generando una dinámica oferta de servicios profesionales que, una vez sea conocida, «generará una demanda exponencial de los mismos».

En este sentido, Alcázar incide en que la formación de calidad será la herramienta clave para ser competitivo: «los bienes, su configuración, su descripción, sus derechos, deberes y limitaciones, así como el incremento de su valor instan a que los profesionales geomáticos universalicen sus conocimientos y estandaricen sus procedimientos».

El profesor de la Universidad de Jaén manifiesta que los Ingenieros en Geomática y topografía están en la mejor posición para satisfacer la demanda de estos servicios, «pero para ello han de

mantenerse actualizados y evolucionar técnica y jurídicamente. Hay que ser ambiciosos para dar respuesta integral a las diferentes situaciones que pudieran plantearse en relación con los inmuebles».

Valoraciones sobre el catastro en España

«Es imprescindible crear una cultura catastral que en España aún no tenemos plenamente consolidada»

En palabras de Alcázar, el catastro español es un modelo de referencia internacional, porque «es útil, accesible, confiable y son millones las consultas diarias que se realizan; por lo que todos los ciudadanos

deseamos que siga actualizado y que cada vez ofrezca más y mejores servicios. El catastro en España ha dejado de ser un objetivo para convertirse en una herramienta que los profesionales pueden explotar para ofrecer valor añadido a la misma a través de nuevos servicios, aplicaciones o información personalizada».

«La sociedad ha de ser consciente de que necesita de profesionales como los topógrafos para poder mostrarse exigente y conocer con exactitud lo que se compra y se vende», ya que la complejidad administrativa y la dificultad para identificar con rigurosidad los inmuebles desincentiva operaciones que podrían ser beneficiosas para todas las partes.

Alcázar hace un paralelismo entre el tiempo que dedica una familia a conocer los modelos de televisión existentes en el mercado cuando ha de comprar uno y la paradoja que se produce cuando lo que decide es comprar o vender un inmueble; transmisiones que abordan —en ocasiones— sin conocer exactamente las características geométricas que lo definen.

«Aquí tenemos todos un reto. Es obligación de juristas y de técnicos coordinarse y avanzar, porque así seguro que la sociedad y el mercado responderán positivamente», concluye Alcázar.

Entrevista a: Manuel Alcázar. Coordinador de la comisión sobre Catastro y Propiedad del XI Congreso Internacional de Geomática y Ciencias de la Tierra (TOPCART 2016) 26-30 oct 2016.

Para más información:

Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topográfica
comunicacion@coit-topografia.es



Las llamadas de emergencia desde Android incluirán geolocalización

Google ha lanzado Emergency Location Service, una funcionalidad que incluirán los dispositivos Android para que las llamadas de emergencia incluyan automáticamente la ubicación desde donde se realizan.

Hoy en día, más del 70% de las llamadas a los servicios de emergencia se hacen desde un teléfono móvil. Pero hasta ahora el único modo de localizar al usuario que estaba en problemas era empleando la antena móvil (cuyo radio abarca varios kilómetros) o el GPS asistido (que, dependiendo de las circunstancias, puede fallar).

Por ello Google ha lanzado Emergency Location Service, un servicio para que las llamadas de emergencia al 112 realizadas desde móviles An-

droid vayan acompañadas automáticamente de la ubicación desde la que se está solicitando ayuda.

Esta nueva funcionalidad emplea la misma tecnología de geolocalización que las aplicaciones móviles o el WiFi, para detectar con mayor acierto el lugar desde donde llama el usuario en apuros, ya sea un espacio cerrado o en exteriores.

Algunas aplicaciones como Alpify se basan en un sistema similar, pero para solicitar ayuda no requieren realizar un llamada sino pulsara un

botón de emergencia.

El nuevo servicio de Google de momento sólo está disponible en Estonia y Reino Unido, pero la compañía ya ha publicado en su blog que espera poder extenderlo pronto a más países. El Emergency Location Service es compatible con prácticamente la totalidad de dispositivos Android (versión 2.3 o superior), siempre que el usuario sea cliente del alguno de los operadores móviles que colaboran con Google.

La mayoría de los grandes ya se han incorporado, como son Vodafone, BT, O2 o Tele2.

Fuente: <http://www.ticbeat.com/>



Barcelona será la primera «dron-city» y organizará carreras de drones

La iniciativa cuenta con un capital inicial de 70.000 euros

Reimagine Drone incubará 'start ups' y planea albergar carreras y exhibiciones.

Amazon no quiso ser mero testigo de su potencial y, por ello, ha anunciado que iniciará en Reino Unido las primeras pruebas de reparto en zonas de difícil acceso utilizando, precisamente, drones. Y siguiendo la estela de la multinacional, Barcelona pretende dar rienda suelta, también, a sus posibilidades. Por ello, ha acogido, la presentación del primer hub para promover la industria de los drones. Bautizado como Reimagine Drone, el centro ubicado en el antiguo Canódromo de la Meridiana -Parc d'Investigació Creativa- nace con la finalidad de ser una **referencia de la innovación en el sector de los drones**.

El proyecto quiere hacer de la que es **la actual capital del móvil, además, la primera Drone City**, según expuso en su presentación Joaquim Serra, embajador de Singularity University en Barcelona. Una Drone City que buscará generar nuevas oportunidades de ne-

gocio en una combinación del talento y la tecnología. Serán tres, de hecho, las áreas de actividad del centro: empresarial, formativa y de entretenimiento, que arrancarán en septiembre.

«Creemos que el dron puede ser el motor de una nueva industria y de una nueva economía. Incubar empresas dentro del Canódromo implica que tienen un futuro en los próximos años», afirmó Serra, no sin dejar constancia de su orientación a la promoción del talento. Así es que Reimagine Drone y la incubadora Incubio, actual gestora del Canódromo, impulsarán programas de apoyo para start ups que trabajen con vehículos aéreos no tripulados -UAV-.

Tomando como modelo actividades que han cosechado gran éxito en Estados Unidos o Dubái, el centro tiene intención de albergar, además, **carreras de drones y exhibiciones**. De hecho, Serra pone de manifiesto su intención de dar luz a la primera liga profesional de drones en España y Europa. Con todo, **la propuesta está pendiente de obtener permiso por parte del Ayuntamiento de Barcelona** a la espera de la instalación de una

red que limite el espacio de vuelo del nuevo Dronódromo. Lo cierto es que la legislación establece parámetros restrictivos en cuanto al vuelo de drones en los espacios urbanos, y, en base a ella, no es posible operarlos en espacios abiertos dentro de las ciudades.

En este sentido, Serra se muestra optimista, aunque reconoce que desde el Ayuntamiento **«se han quedado un poco sorprendidos de nuestra intención de convertir un canódromo en un dronódromo»**. De hecho, ya se ha realizado la simulación virtual que requiere la actuación en un edificio protegido como es el Canódromo. La simulación recoge cómo y dónde se colocaría la red. «Los permisos no serán un problema porque no estamos modificando el edificio», sostiene Serra.

Lo que ven claro es el auge que han experimentado las empresas vinculadas al sector de los drones, **en menos de un año la cifra aumentó de 500 a 1.500**. Por ello se refiere Serra a la multiplicidad de aplicaciones: desde redes eléctricas para medidas de temperaturas, seguridad, emergencias e, incluso, en el ámbito agrícola. De hecho, el empresario establece un paralelismo con los automóviles: **«cuando salió el primer coche no había carreteras, no había gasolineras. Lo mismo pasará con los drones»**.

La iniciativa dotada con un capital inicial de 70.000 euros, ha sido promovida por Joaquim Serra, y los empresarios Dídac Lee, CEO de Inspirit; Màrius Robles, fundador de Reimagine Food, Albert Rovira, de iPedra Group; José María Borrell, jefe de finanzas de Natura Bissé y Paloma Figueras Dotti.



Varios miembros del proyecto junto a sus drones.

Fuente: <http://www.elmundo.es/>

Disponible la versión beta del MIAN

Desde el mes de junio se encuentra disponible la versión beta del servicio WMS que muestra el Mapa Integrado Andino del Norte (MIAN), un conjunto de datos fundamentales a escala 1:250 000 que cubre el territorio de Bolivia, Colombia, Ecuador, Panamá y Perú. Se trata de un conjunto de datos continuo, armonizado y depurado geoméricamente que incluye los temas de Límites administrativos, Hidrografía, Poblado, Vías, Morfología y Miscelánea.

Es el resultado de una iniciativa del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y del banco de Desarrollo de América Latina (CAF) - en el contexto del Programa GeoSUR- que ha contado con la colaboración técnica del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) y del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) del Instituto Geográfico Nacional de España, y en la que han estado trabajando desde febrero del 2015 especialistas de los Institutos Geográficos de los cinco países participantes:



- Instituto Geográfico Militar de Bolivia
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia
- Instituto Geográfico Militar de Ecuador
- Instituto Geográfico Tommy Guarda de Panamá
- Instituto Geográfico Nacional de Perú

Se han celebrado cuatro talleres presenciales en los que se ha consolidado una red de expertos que ha colaborado en una atmósfera de cooperación abierta que ha permitido alcanzar los objetivos del proyecto.

Hay que hacer notar que los contornos del objeto geográfico «País» son referenciales, orientativos y no tienen ninguna validez oficial, ni probatoria, en consonancia con el Estatuto Orgánico del IPGH y que el servicio WMS se publica bajo una licencia CC BY 4.0, que permite todo tipo de aplicaciones y usos siempre que se mencione la autoría del producto con la fórmula: CC BY 4.0 CAF, IPGH, Programa GeoSUR, IGM Bolivia, IGAC Colombia, IGM Ecuador, IGNTG Panamá, IGN Perú.

El proyecto seguirá evolucionando en el futuro, hay un compromiso de actualización cada 5 años, es posible que se genere un nomenclátor geográfico asociado, un grafo continuo de la red hidrográfica y otros servicios (WMTS, WFS...), en el último taller se invitó al Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística (IBGE) para iniciar la extensión del proyecto hacia el Sur y todas estas actividades se inscriben en una estrategia general de IPGH y CAF para conseguir un mapa integrado de todo el continente.

Hay que mencionar que este MIAN es la continuación natural de un proyecto muy similar, el Mapa Integrado de Centroamérica, que cubre el sur de México, Guatema-

la, Belice, Honduras, Nicaragua, El Salvador y Panamá, se finalizó en el año 2014 e igualmente está publicado mediante un servicio WMS.

Mayores antecedentes se pueden encontrar en:

Portal GeoSUR: <http://www.geosur.info/geosur/index.php/es/>

Página Web IPGH: <http://www.ipgh.org/>

Blog IDEE: <http://blog-idee.blogspot.mx/2016/07/version-beta-del-mian-disponible.html>.

Fuente: Instituto Panamericano de Geografía e Historia

XVII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica



MAPPING ha sido media partner del XVII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica que se celebró en Málaga los días 29 y 30 de junio y 1 de julio.

Promovido por la AGE (Grupo de Tecnologías de la Información Geográfica), la Universidad de Málaga (Departamento de Geografía, European Topic Centre y Facultad de Turismo) y el Colegio de Geógrafos de España, el propósito de la XVII edición del Congreso ha sido reunir al mayor número de expertos del ámbito académico, de la investigación, la empresa y la institución en el ámbito de las Tecnologías de la Información Geográfica con el objetivo de promover la transferencia de conocimiento y el avance de las distintas áreas con la



finalidad de que este conocimiento se convierta en un bien generador de empleo y riqueza.

Con una visión integradora e innovadora, el XVII Congreso ha sido un punto de encuentro y dinamización de las distintas áreas que intervienen en el ámbito de las Tecnologías de la Información Geográfica, desde el desarrollo de aplicaciones y métodos con base geotecnológica hasta los diversos usos de la información geográfica, especialmente los geodatos.

El Congreso se desarrolló en dos sedes: Rectorado de la Universidad de Málaga y Complejo de Estudios Sociales y de Comercio en la ampliación del Campus de Teatinos.

El programa contempló sesiones plenarias, seminarios temáticos y técnicos, talleres y cursos, conferencias, zona expositiva de instituciones y empresas y una agenda de encuentros para promover el acercamiento entre investigadores, instituciones y empresas.

Fuente: Revista MAPPING

La nueva cátedra de la UPM y Accenture formará expertos en Big Data

La Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y Accenture han creado una nueva cátedra que impulsará la investigación y la formación de expertos en el área del Big Data.

La demanda por parte de empresas e instituciones de nuevos perfiles profesionales que sepan analizar los datos y obtener información útil de ellos para definir las acciones y proyectos futuros, ha llevado a la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y la consultora tecnológica Accenture a crear una nueva cátedra dirigida a formar profesionales en el área del Big Data.

Bajo el nombre «Accenture Digital-UPM», tendrá su sede en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sistemas Informáticos de la UPM e incluirá actividades de formación, investigación, difusión y transferencia de tecnología en Big Data, en el marco de la disciplina científico-técnica de Tecnologías de la Información.

El resto del programa se completarán con cursos de programación y desarrollo de aplicaciones, analítica productiva y jornadas de divulgación científica y técnica que servirán de encuentros con expertos del sector.

También incluirá becas, visitas a las instalaciones y prácticas en Accenture, así como participar en proyectos de investigación relacionados con esta disciplina.

Esta cátedra supone una oportu-



nidad de formarse en las tecnologías propias del «ecosistema» Big Data – «una de las revoluciones científico-tecnológicas más importantes de la historia de la Humanidad», según el director de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Sistemas Informáticos de la UPM, Jesús García.

Fuente: <http://www.ticbeat.com/>

Madrid renueva su cartografía con 7.666 fotografías desde el aire

El municipio quiere elaborar una imagen tridimensional de la ciudad.

El Ayuntamiento de Madrid ha dado un paso más en su proyecto de crear una plataforma digital donde sea posible navegar de forma virtual por la ciudad en 3D, con un «altísimo nivel de detalle». El Consistorio obtuvo una imagen tridimensional de la capital mediante 7 666 fotografías tomadas desde una altura de 3 600 metros por una cámara puesta sobre un avión Aerocomander AC-690, que recorrió el municipio «por líneas en dirección este-oeste, de forma que cada fotograma se solapa un 80% con el siguiente», según ha detallado el Ayuntamiento.

A partir de estas fotografías, el Consistorio prevé crear «nubes de puntos coloreadas», que permitan elaborar imágenes en 3D que servirán de base para generar modelos digitales más elaborados de determinadas edificaciones. «Una herramienta que a buen seguro será del interés de numerosos profesionales relacionados con la arquitectura», ha destacado el Ayuntamiento.

La técnica utilizada garantiza una media de 25 fotografías distintas de un mismo punto. Este tipo de tecnología facilitará la realización de los inventarios urbanos, el análisis de la



situación de zonas verdes y de los cambios que se han producido en la trama urbana. Además, las imágenes tridimensionales podrán revelarse útiles para la consulta de la disponibilidad de aparcamientos o el estado del tráfico en tiempo real.

Con la nueva metodología será posible ver la ciudad según la denominada «ortofoto verdadera», un método que reduce al mínimo la ocultación por edificaciones y consigue una vista cenital casi perfecta. En ese tipo de fotos quedan visibles parte de las fachadas de los edificios y parte de las calles que quedan tapadas por éstos.

Para el vuelo fotogramétrico, el Consistorio ha contado con un presupuesto de 204 622 euros, utilizados en el marco del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea. Tras la recogida y el procesado de los datos y fotos, los resultados de esta nueva técnica podrán consultarse y descargarse a partir de este mismo otoño desde la web del Ayuntamiento www.madrid.es y serán la base del visualizador urbanístico municipal.

Fuente: <http://www.ccaa.elpais.com>

El Ayuntamiento de Madrid digitaliza su archivo histórico de fotos aéreas

El proyecto prevé la digitalización de 50 000 negativos de fotografías aéreas tomadas desde el año 1927.

El Ayuntamiento de Madrid ha comenzado su proyecto de digitaliza-

ción completa del archivo municipal de fotografías obtenidas en vuelos fotogramétricos a lo largo de casi 90 años. Se trata de un patrimonio histórico de 50 000 negativos tomados en más de 130 vuelos que los ciudadanos podrán empezar a descargar y consultar a partir de 2017.

El proyecto, que cuenta con un presupuesto de 242 871 euros y que se desarrollará a lo largo de tres años, garantizará la conservación de la documentación y facilitará el acceso a este banco de imágenes a estudiosos, profesionales y ciudadanos en general, según ha destacado el Ayuntamiento.

Análogamente al nuevo mapa cartográfico de Madrid realizado a través de 7 666 fotografías que cubren toda la ciudad, este proyecto de digitalización del archivo de fotos aéreas se encuadra en el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea Histórica, desarrollado en colaboración con la Comunidad de Madrid y con el Ministerio de Fomento.

El conjunto de este archivo está formado por negativos de gran calidad en blanco y negro hasta los años 90 del pasado siglo y en color a partir de 1999. Los vuelos más destacados son los acometidos en 1927, en la



La Plaza de España en una imagen de 1950. AYUNTAMIENTO



La Plaza Mayor de Madrid en una fotografía de 1943. AYUNTAMIENTO

década de 1940 y el llamado vuelo americano, llevado a cabo por el ejército de Estados Unidos en 1954 y 1957. Este vuelo abarcó toda España y fue el primero que fotografió la totalidad de la ciudad de Madrid tras las anexiones de los municipios colindantes.

El proyecto ofrecerá la posibilidad de realizar análisis comparativos de la situación urbana en distintas épocas de la ciudad. Por otro lado, «la digitalización –realizada con escáneres fotogramétricos de alta resolución– y la georreferenciación para ubicar cada fotograma en su posición correcta, permitirá hacer consultas y estudios muy precisos mediante aplicaciones geográficas», ha subrayado el Consistorio.

Fuente: <http://www.ccaa.elpais.com>

Premio GeoSUR Quinta edición, año 2016



El Programa GeoSUR nace en el 2007 con el apoyo financiero de la CAF y la coordinación conjunta con el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH). El propósito esencial de GeoSUR es colocar a disposición de la comunidad de usuarios de la información geoespacial en las Américas, datos espaciales de alcance local, nacional y especialmente, datos transnacionales y aplicaciones que contribuyan a mejorar los sistemas de apoyo para la planificación y la toma de decisiones para el desarrollo integral de la región <www.geosur.info>

El premio se otorga anualmente a la actividad destacada que surge

de la relación de las instituciones participantes en el Programa GeoSUR a partir de los datos geoespaciales disponibles en el geoportal y en las mismas entidades y el uso de los servicios de información geoespacial que se ofrecen en América Latina y el Caribe.

1. Méritos

El premio reconocerá la aplicación de los datos espaciales o el desarrollo de servicios o productos de información geoespacial que se ofrezcan en la región, que posean características de innovación y relevancia particulares, dándole prioridad a los que aporten al cumplimiento de los objetivos generales del Programa GeoSUR. En la quinta edición se tendrá en consideración la facilidad de acceso y uso de datos espaciales a partir de los productos, servicios o bases de datos espaciales concursantes.

2. De las postulaciones

Podrán participar instituciones o individuos originarios de cualquier país perteneciente a Latinoamérica y el Caribe.

La Coordinación del Programa GeoSUR y el IPGH informarán oportunamente, a través de su portal de Internet, sobre el número, título, autor(es) y nacionalidad de los concursantes seleccionados de acuerdo con las bases del premio.

Una vez entregada la documentación correspondiente para concursar, los postulantes no podrán retirarla, ni tampoco renunciar al certamen antes del fallo del jurado.

El Premio GeoSUR no se otorga dos veces a una misma aplicación, producto o base de datos espaciales premiada en oportunidades anteriores, no obstante se trate de su evolución como tales. Este criterio no aplica a las iniciativas que se han hecho merecedoras de mención de honor en ediciones previas o proyectos que no han resultado ganadores en ediciones anteriores.

3. Del jurado

El jurado estará compuesto por un representante de CAF, uno del IPGH y un tercero que será de un país que se encuentre vinculado con el Programa, pero que no haya presentado iniciativa para concurso en la edición de que se trate.

Si bien la decisión de cada miembro del jurado será dada a conocer mediante comunicación electrónica dirigida exclusivamente a la Secretaría General del IPGH, el jurado puede adoptar su decisión en sesión presencial o virtual convocada para el efecto.

El premio será entregado con base en la decisión mayoritaria del jurado. La Secretaría General coordinará las labores relativas al veredicto por consenso o mayoría de miembros.

4. Del premio

Para concursar, los interesados deberán presentar a consideración del jurado, a más tardar el 30 de septiembre de 2016 en la Secretaría General del IPGH, solamente mediante medios electrónicos, en la dirección secretariageneral@ipgh.org la siguiente documentación:

- Una memoria que refleje el objetivo, metodología y resultados alcanzados por la iniciativa de que se trate, incluidos todos los vínculos necesarios para la visualización y el uso de la herramienta por parte de los usuarios, así como los aspectos técnicos que faciliten la evaluación por parte del jurado, incluyendo los metadatos correspondientes.
- Detalle de la información del proyecto de que se trate y su relación con el Programa GeoSUR. Este aspecto constituirá un elemento adicional que evaluará el jurado.

Al ganador se le entregarán un diploma y US\$2,000 en efectivo que serán otorgados al líder del proyecto en representación de la institución

de que se trate.

A juicio del jurado el premio puede declararse desierto.

En el 2016 dicho premio será entregado en la ciudad de Asunción, Paraguay, durante el 9º Encuentro del Programa GeoSUR, en el marco de la 47 Reunión del Consejo Directivo del IPGH. En caso de requerirse, el financiamiento para que el responsable pueda concurrir a la recepción del premio y hacer una presentación de la iniciativa ganadora podrá cubrirse concargo a GeoSUR, de forma total o parcial en función de los recursos disponibles.

Si las características del trabajo lo permiten, se publicará un artículo o una síntesis de la obra ganadora en la Revista Cartográfica del IPGH, previo análisis del editor. Asimismo, la información del proyecto estará disponible para referencia o publicación en los medios de comunicación institucionales del IPGH y el Programa GeoSUR, como el Boletín o el Portal del Programa. Similar situación se podrá considerar en el caso de otros trabajos no ganadores.

5. Disposiciones generales

El hecho de presentarse a este concurso implica la aceptación de las presentes bases, de los miembros del jurado y del fallo que se adopte sin que haya lugar a apelación. Sobre los imprevistos, la Secretaría General del IPGH podrá introducir cuantas decisiones estime pertinentes, contra las cuales los aspirantes no tendrán derecho a reclamación alguna.

*Para cualquier consulta:
Instituto Panamericano de
Geografía e Historia
Premio GeoSUR 2016
secretariageneral@ipgh.org
Ex Arzobispado núm. 29, Colonia
Observatorio,
11860 Ciudad de México, México
Teléfonos: (5255) 5515-1910,
5277-5888 y 5277-5791*

JIIDE 2016



27-09-2016 / 30-09-2016

- **Barcelona, España**
- **Contact:** jiide@cniq.es
- **Website:** <http://www.jiide.org/>

INTERGEO



11-10-2016 / 13-10-2016

- **Hamburgo, Alemania**
- **Contact:** dkatzer@hinte-messe.de
- **Website:** www.intergeo.de

GeoForm



18-10-2016 / 20-10-2016

- **Moscú, Rusia**
- **Contact:** zhukov@mvk.ru
- **Website:** www.geoexpo.ru

TeanGEO 2016



18-10-2016 / 20-10-2016

- **Túnez**
- **Contact:** info@teangeo.org
- **Website:** <http://www.teangeo.org/>

World Conference on Climate Change



24-10-2016 / 26-10-2016

- **Valencia, España**
- **Contact:** climatechange@conferenceseries.net
- **Website:** <http://climatechange.conferenceseries.com/>

TOPCART 2016



26-10-2016 / 30-10-2016

- **Toledo, España**
- **Contact:** topcart2016@coit-topografia.es
- **Website:** <http://www.topcart2016.com/>

COMMERCIAL UAV EXPO



31-10-2016 / 02-11-2016

- **Las Vegas, Nevada**
- **Contact:** info@expouav.com
- **Website:** <http://www.expouav.com/>

VIII Congreso Nacional de la Ciencia Cartográfica



02-11-2016 / 04-11-2016

- **Buenos Aires, Argentina**
- **Contact:** cac@centroargentinodecartografia.org
- **Website:** <http://www.centroargentinodecartografia.org/>

LAS IDE:
UN ECOSISTEMA DE
RECURSOS PARA
UN MEDIOAMBIENTE
SOSTENIBLE

www.jiide.org

27 al 30
SEPTIEMBRE

Palacio de Congresos de Barcelona



JIIIDE

2016

Barcelona

Centro Nacional de Información Geográfica
Dirección General del Instituto Geográfico Nacional

General Ibáñez de Ibero 3, 28003 Madrid, España
Teléfono: +34 91 597 94 53 - Fax: +34 91 553 29 13

e-mail: jiide@cnig.es



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.
- **Currículum:** 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.mappinginteractivo.es> en el apartado «**Envío de artículos**», o mediante correo electrónico a info@mappinginteractivo.es. 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 2016 (6 números por año) Prices year 2016 (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 2016 (6 números por año) en formato DIGITAL y enviado por correo electrónico / Prices year 2016 (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: CAIXAESBBXXX)

Distribución y venta / Distribution and sale:

Departamento de Publicaciones de eGeoMapping S.L.

C/ Linneo 37. 1ºB. Escalera central. 28005-Madrid

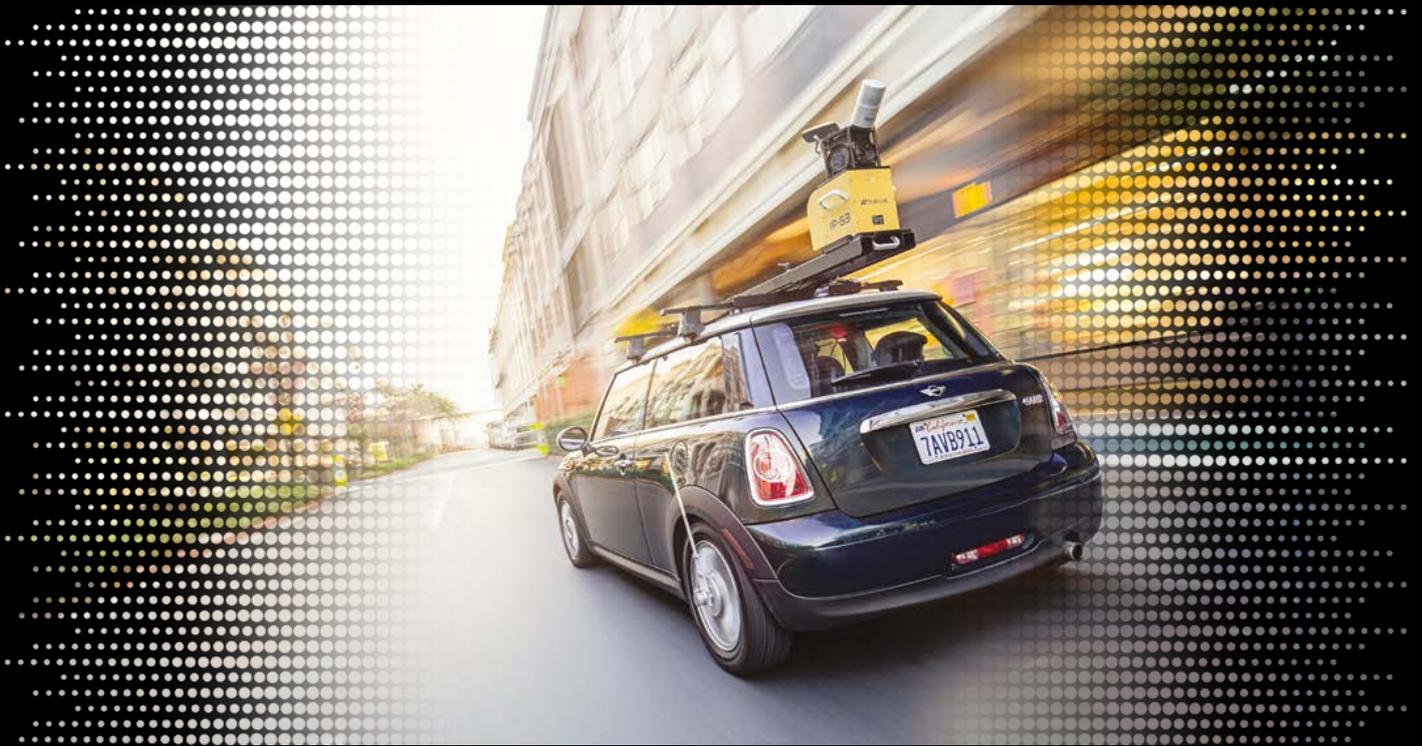
Tels: (+34) 91 006 72 23; (+34) 655 95 98 69

e-mail: info@mappinginteractivo.es

www.mappinginteractivo.es

Firma _____

Capture la realidad, a la velocidad de un vehículo +++



+++ DISEÑO E INGENIERÍA CIVIL · CARTOGRAFÍA · SERVICIOS · GESTIÓN DE MASAS Y VOLÚMENES +++



Mobile Mapping compacto de alta densidad 3D.
Cartografía, extraiga y entregue de forma sencilla.

MINISTERIO DE FOMENTO
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

cartografía digital



Oficina central y comercialización:
General Ibáñez de Ibero, 3 • 28003 MADRID
Teléfono: +34 91 597 94 53 • Fax: +34 91 553 29 13
e-mail: consulta@cnig.es

CENTRO DE DESCARGAS DE DATOS

<http://centrodedescargas.cnig.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.