

MAPPING

VOL. 26 • Nº 181 • ENERO-FEBRERO 2017 • ISSN: 1131-9100



- Reportando sobre CDDA (*Common Database on Designated Areas*) y Lugares protegidos INSPIRE
- Servicio SOS de datos de calidad del aire
- Nuevo sistema productivo de Información Geográfica de Referencia de hidrografía
- Implementación de servicios SOS y clientes Web para gestión inteligente de recursos hidráulicos. Proyecto GeoSmartCity
- *Open City Toolkit*: el rol de las ciencias geoespaciales para la realización de ciudades abiertas y participativas
- SIG del Departamento de Conservación Preventiva del Instituto de Patrimonio Cultural de España

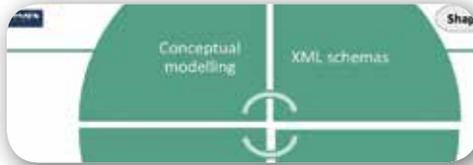
VII JORNADAS IBÉRICAS DE INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES (PARTE II)



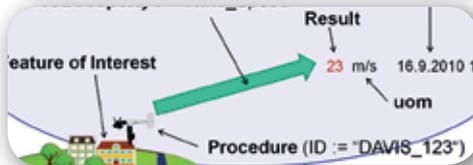
MAPPING

VOL.26 Nº181 ENERO-FEBRERO 2017 ISSN 1131-9100

Sumario



Pág. 04
Editorial



Pág. 06
Reportando sobre CDDA (*Common Database on Designated Areas*) y Lugares protegidos INSPIRE. *Reporting covering Common Database on Designated Areas (CDDA) and INSPIRE Protected Sites.*

Leire Leoz, María Cabello, Pedro Mendive, Alba Librada



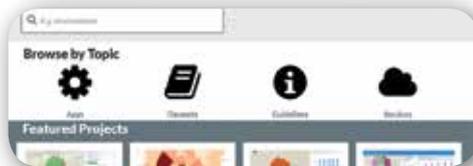
Pág. 14
Servicio SOS de datos de calidad del aire. *SOS implementation of air quality data.*

Xalo Fernández y María Soledad Gómez



Pág. 24
Nuevo sistema productivo de Información Geográfica de Referencia de hidrografía. *New production system of Geospatial Reference Information of Hydrography.*

Celia Sevilla, Eduardo Núñez, Nuria Valcárcel, Julián Delgado, Gema Martín-Asín, Miguel Villalón, Jaime Sánchez



Pág. 32
Implementación de servicios SOS y clientes web para gestión inteligente de recursos hidráulicos. Proyecto GeoSmartCity. *Implementing SOS Services and Web clients for intelligent management of water resources. GeoSmartCity Project.*

Juan Luis Cardoso, Álvaro Huarte, Garazi Lacunza, Iván Pérez, María Cabello



Pág. 42
Open City Toolkit: el rol de las ciencias geospaciales para la realización de ciudades abiertas y participativas. Open City Toolkit: the role of geospatial science in making open and participative cities.

Sergio Trilles, Carlos Granell, Auriol Degbelo, Devanjan Bhattacharya

Pág. 52
SIG del Departamento de Conservación Preventiva del Instituto de Patrimonio Cultural de España. *GIS of the Department for Preventative Conservation of the Spanish Cultural Heritage Institute.*

Álvaro Anguix (1), José Vicente Higón, Juan Herráez

Pág. 55
Historia de la Cartografía Aventuras y desventuras de la expedición que midió un arco de meridiano en el ecuador (1735-1744). *Adventures and misadventures of the expedition who measured an arc of meridian in the equator*

Antonio Crespo Sanz

Pág. 70
Mundo blog

Pág. 73
Mundo tecnológico

Pág. 74
Noticias

Pág. 77
Agenda

El conocimiento de hoy es la base del mañana

MAPPING es una publicación técnico-científica con 26 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 26 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.26 Nº181 ENERO-FEBRERO 2017 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:

Cascada del parque de la Ciudadela. Registrado como Bien Cultural de Interés Local (BCIL). Conjunto arquitectónico y escultórico con fuentes y surtidores de agua construido entre 1875 y 1888 con diseño general de Josep Fontserè y proyecto hidráulico de Antonio Gaudí. Autor: Revista Mapping

Depósito Legal: M-14370-2015

ISSN: 1131-9100 / eISSN: 2340-6542

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

PRESIDENTE

Benjamín Piña Patón

DIRECTOR

Miguel Ángel Ruiz Tejada
maruiz@egeomapping.com

REDACTORA JEFA

Marta Criado Valdés
mcriado@egeomapping.com

CONSEJO DE REDACCIÓN

Julián Aguirre de Mata
ETSITGC. UPM. Madrid

Manuel Alcázar Molina
UJA. Jaén

Marina A. Álvarez Alonso
ETSII. UPM. Madrid

Gersón Beltrán
FGH. UV. Valencia

Carlos Javier Broncano Mateos
Escuela de Guerra del Ejército. Madrid

José María Bustamante Calabuig
Instituto Hidrográfico de la Marina. Cádiz

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

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
CNIG. 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

De nuevo tenemos que agradecer a la revista Internacional MAPPING el espacio que nos ofrece para publicar y poner a disposición de toda la comunidad creada alrededor de la IDEE una selección de los mejores artículos presentados en las IIIDE2016, según los criterios del Comité Científico de las Jornadas.

Es una nueva oportunidad para difundir ideas, proyectos, buenas prácticas y resultados que resulta muy conveniente en un mundo globalizado en el que el intercambio de información y el maximizar el impacto de lo más relevante son tan importantes.

Este año pasado, el 2016, y muy probablemente el 2017 está suponiendo en España un momento de cambio en lo económico, parece que los indicadores macroeconómicos señalan una paulatina salida de la crisis, mientras el paro sigue siendo muy notable y las economías domésticas siguen estando muy castigadas.

En ese escenario es fundamental impulsar la investigación, el desarrollo y la innovación, y muy en especial en el campo de la información digital y los datos geográficos, un sector cuya importancia se está haciendo cada vez más evidente, tal y como señalan el Informe del Sector Infomediario 2016⁽¹⁾ elaborado por ASIEDIE⁽²⁾ y el Estudio de Caracterización del Sector Infomediario⁽³⁾ del Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (ONTSI)⁽⁴⁾. Por otro lado, en el ámbito internacional, UN-GGIM⁽⁵⁾ y GEO⁽⁶⁾ han reconocido en un informe conjunto⁽⁷⁾ que la información geográfica es clave para alcanzar los objetivos de la Agenda 2030⁽⁸⁾ de Desarrollo Sostenible.

En otro orden de cosas, novedades tecnológicas tan prometedoras como los Big Data (o macrodatos), el Internet de las Cosas, las Ontologías, la Realidad Virtual y la Aumentada, la preservación, las Ciudades Inteligentes, los vehículos no tripulados (aéreos y terrestres), los Datos abiertos y la Reutilización están empezando a interactuar con el mundo de la informa-

ción geográfica para modificarlo profundamente en un momento en el que noticias⁽⁹⁾ como el que la Unión Europea está revisando las Leyes de la Robótica⁽¹⁰⁾ de Isaac Asimov⁽¹¹⁾ nos indican que por fin ha llegado el siglo XXI y hemos entrado en un futuro de ciencia-ficción que hasta hace poco parecía inalcanzable.

Todo ello configura un contexto en el que en todos los ámbitos se valora y aprovecha cada vez más la información geográfica como un recurso fundamental, un motor de desarrollo y un factor de sostenibilidad, y al mismo tiempo se explotan en todo tipo de aplicaciones y entornos datos y servicios geográficos procedentes de actividades de muy diferentes características: datos geográficos procedentes de iniciativas voluntarias, como por ejemplo OpenStreetMap y Geonames, que se publican como datos abiertos, tienen cobertura mundial y resultan muy usables; Google Maps, Bing y otros servicios equivalentes con prestaciones espectaculares y presencia casi ubicua; plataformas de Software as a Service, como Carto, AoL y similares, y por último, Infraestructuras de Datos Espaciales, basados en datos oficiales y servicios estándar.

Creemos que es el momento de impulsar y apoyar las IDE por sus características únicas, considerarlas en lo que valen, dejar que jueguen el papel para el que están pensadas, en sana sinergia e interacción con otras iniciativas y recursos, como los mencionados, y realizar esfuerzos para su evolución y progreso. Objetivos todos ellos en los que un evento como estas IIIDE2016 resultan de una oportunidad inestimable.

En esta ocasión, las IIIDE han estado organizadas conjuntamente por los responsables de las IDE de Andorra, Portugal y España, y han contado con la eficaz colaboración del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC). Se han celebrado en Barcelona, en el Palau de Congressos de Catalunya, del 27 al 30 de septiembre, coincidiendo con la Conferencia INSPIRE 2016 y con una inscripción común. Las consecuencias de haber hecho coincidir los dos eventos han sido muy positivas: más de 400 personas inscritas, más de 60 presentaciones y la facilidad para los asistentes de entrar eventualmente en las salas dedicadas a la Conferencia INSPIRE y viceversa.

⁽¹⁾http://www.asedie.es/assets/2016_informeselectorinfomediario.pdf

⁽²⁾<http://www.asedie.es/>

⁽³⁾<http://www.ontsi.red.es/ontsi/es/informacion-y-recursos/estudio-de-caracterizacion-del-sector-infomediario-2014>

⁽⁴⁾<http://www.red.es/redes/category/categoria/ontsi?>

⁽⁵⁾<http://ggim.un.org/>

⁽⁶⁾<https://www.earthobservations.org/index.php>

⁽⁷⁾http://www.earthobservations.org/documents/articles_ext/201608_unggim_geo_transforming_our_world_white_paper.pdf

⁽⁸⁾<http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

⁽⁹⁾<http://computerhoy.com/noticias/life/estas-son-seis-leyes-robotica-que-propone-ue-56972>

⁽¹⁰⁾https://es.wikipedia.org/wiki/Tres_leyes_de_la_robotica

⁽¹¹⁾https://es.wikipedia.org/wiki/Isaac_Asimov

Durante cuatro días hubo presentaciones, conferencias, una cena de networking, intercambio de ideas, experiencias y buenas prácticas. El lema de las jornadas fue «Las IDE: un ecosistema de recursos para un medioambiente sostenible» y los temas de las presentaciones:

- Implementación y seguimiento del cumplimiento de la Directiva Inspire
- Armonización de conjuntos de datos
- Gestión de metadatos y catálogos
- Implementación de servicios web
- Aplicaciones web y móviles para las IDE
- Tecnologías y herramientas para la implementación de Inspire
- Políticas de datos. Datos abiertos. Copernicus
- Aspectos legales y jurídicos
- Ejemplos de proyectos IDE y buenas prácticas

Fue un evento en el que la organización brilló por su eficacia y amable hospitalidad, que contó con la asistencia de expertos de Portugal, Andorra, Brasil, Ecuador y España. La conferencia inaugural corrió a cargo de Xavier Pons, Catedrático de Geografía de la Universidad Autónoma de Barcelona, titulada «Distribución de datos geográficos: ¿Cómo cuadrar el círculo de la eficacia y la eficiencia con la estandarización y la preservación?» y en suma, podemos decir que el evento fue un completo éxito.

En este número ofrecemos una selección de los artículos más interesantes y valorados presenta-

dos, que bien pueden servir de muestra representativa y panorama resumido de lo que se vio y se escuchó durante unas jornadas en las que nos ha llamado la atención especialmente el amplio abanico de aplicaciones prácticas de tecnologías IDE y servicios web que hay disponibles.

Salud e interoperabilidad.

Antonio F. Rodríguez Pascual

LAS IDE: UN ECOSISTEMA DE RECURSOS PARA UN MEDIOAMBIENTE SOSTENIBLE

www.jiide.org

27 al 30
SEPTIEMBRE

Palacio de Congresos de Barcelona

JIIDE
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

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
IDEE
snig
ide ANDORRA
INSPIRE

Reportando sobre CDDA (*Common Database on Designated Areas*) y Lugares protegidos INSPIRE

Reporting covering Common Database on Designated Areas (CDDA) and INSPIRE Protected Sites

Leire Leoz⁽¹⁾, María Cabello⁽²⁾, Pedro Mendive⁽³⁾, Alba Librada⁽⁴⁾

REVISTA **MAPPING**
Vol. 26, 181, 6-13
enero-febrero 2017
ISSN: 1131-9100

Resumen

¿Es posible integrar un modelo de datos propio de una temática con las especificaciones de datos INSPIRE para obtener beneficios mutuos?

La Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) promueve un proceso de armonización de los diferentes tipos de reportes y notificaciones periódicas con las especificaciones de datos de INSPIRE. Este procedimiento tiene como objetivo mantener la conformidad de los datos con respecto a los requisitos temáticos y presenta proyectos piloto para evaluar la inclusión de las especificaciones de datos INSPIRE. El objetivo general de este proyecto piloto de CDDA (*Common Databaes on Designated Areas*) es establecer el flujo de datos de la información actualizada periódicamente por los estados miembros para CDDA basado en las Reglas de Ejecución INSPIRE para metadatos, datos y servicios. Con esta implementación, los proveedores de datos, miembros de la Red Europea de Información y de Observación sobre el Medio Ambiente (EIONET), cumplen con dos obligaciones de presentar información periódicamente: primero en CDDA bajo AEMA y segundo, lugares protegidos bajo la Directiva INSPIRE.

El modelo de datos de entrada de CDDA (plano) se transforma en un modelo de datos orientado a objetos y extendido de INSPIRE. La extensión hará posible recoger información adicional no existente en el modelo de datos de CDDA original. La experiencia adquirida en los procesos de armonización de datos muestra que este proceso tenía que concluir con la transformación de los datos reales reportados. Una exitosa implementación garantizará una mejor interoperabilidad entre los datos informados y dará lugar a información más actualizada que puede ser intercambiada entre los niveles internacionales, europeos y nacionales o subnacionales.

Abstract

Is it possible to integrate an own data model with the INSPIRE specifications achieving mutual benefits?

The European Environment Agency (EEA) is intended to promote the harmonization of the different reporting to INSPIRE data specifications. This procedure aims to keep the data compliant with the thematic requirements and introduces the pilot projects to evaluate the inclusion of the INSPIRE data specifications. The general purpose of this CDDA pilot project is to establish the reporting data flow for the CDDA based on the INSPIRE specifications for metadata, data and services. With this implementation, the data providers, European environment information and observation network (Eionet) members, will fulfil two reporting obligations: first on CDDA under EEA / Eionet Annual Work Programme and secondly, Protected Sites theme under INSPIRE Directive.

The specific aspects presented are related to the development of the new CDDA data model. Plain CDDA input data models were transformed into an object-oriented and extended INSPIRE data model. The extension included elements from the previous CDDA modelled following INSPIRE approach, what will make possible to collect some additional information not existing in original CDDA data model. The experience acquired with data harmonisation processes shown that the transformation of the data model had to be followed by a "down-to earth" transformation process of the real reported data. Successful implementation will provide better interoperability between the reported data and further more up-to-date information that can be exchanged between the international, European and national or sub-national levels.

Palabras clave: Jornadas, IDE, Portugal, España, Andorra, CDDA, INSPIRE.

Keywords: Conference, SDI, Portugal, Spain, Andorra, CDDA, INSPIRE.

Sistemas de Información Territorial. Tracasa

⁽¹⁾[lleoz@tracasa.es](mailto:llez@tracasa.es)

Consultoría. Tracasa

⁽²⁾mcabello@tracasa.es

Sistemas de Información Territorial. Tracasa Instrumental

⁽³⁾pmendive@itracasa.es, ⁽⁴⁾alibrada@tracasa.es

Recepción 27/12/2016
Aprobación 13/01/2017

1. INTRODUCCIÓN

El alcance del proyecto específico es el desarrollo de un nuevo modelo de datos CDDA (extensión del modelo de datos INSPIRE para lugares protegidos), los esquemas GML/XML relacionados y ejemplos de datos. El proyecto utiliza los documentos legales y especificaciones INSPIRE junto con las especificaciones existentes de CDDA para diseñar el nuevo modelo de datos. Este proceso ha ayudado a actualizar la información requerida para CDDA, permitiendo depurar el modelo dejando la información precisa, es decir, la que realmente se utiliza (Figura 1 y Tabla 1).

2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

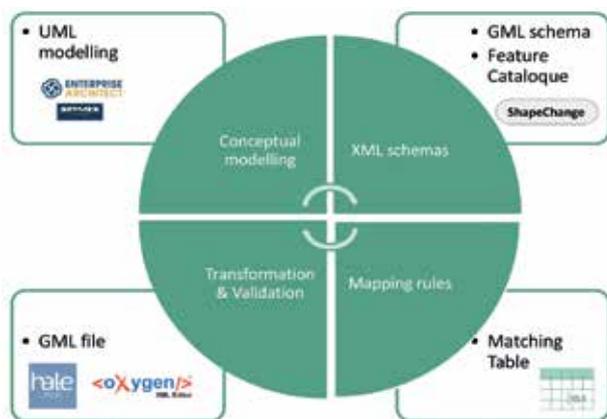


Figura 1. Resumen de los procedimientos seguidos, entregables producidos y herramientas utilizadas.

3. DESARROLLO DEL NUEVO MODELO DE DATOS CONCEPTUAL DE CDDA

Conforme a las reglas generales (INSPIRE General Rules, 2010) para la extensión de los esquemas INSPIRE, realizar una extensión conforme a INSPIRE implica como mínimo que:

- La extensión no cambie nada de las especificaciones de datos INSPIRE pero normativamente la referencie conforme a todos sus requisitos.
- La extensión no añada un requisito que rompa cualquier requisito de las especificaciones de datos INSPIRE.

Está permitido:

- Agregar nuevos esquemas de aplicación importados

Tareas – Procesos	Herramientas	Entregables
Desarrollo del nuevo modelo de datos CDDA como extensión del modelo de datos de lugares protegidos de INSPIRE, incluyendo todas las actualizaciones disponibles del contenido de CDDA	- Enterprise Architect (EA) - ShapeChange	- UML data model - Code lists - Feature catalogue
Desarrollo de los esquemas XML y validación con los esquemas XML de INSPIRE	- ShapeChange - Oxygen	- GML/XML schemas - Validation report
Comprobación de la operatividad de la nueva manera de proporcionar datos de acuerdo a los nuevos esquemas XML con ejemplos de datos de prueba o servicios	- HALE - Oxygen - MS Excel	- Matching tables and mapping rules - Test data (GML) - Testing results' documentation

Tabla 1. Resumen de procesos, herramientas y entregables

de INSPIRE u otros esquemas.

- Agregar nuevos tipos y nuevas restricciones en los esquemas de aplicación.

El desarrollo de los nuevos modelos de datos ha comprendido las siguientes tareas:

- Dividir la CDDA (modelo antiguo) existente en dos paquetes diferentes, uno para los lugares y otro para los tipos de designación (basado en los nuevos requisitos de información).
- Añadir nuevos tipos de objetos y tipos de datos.
- Extender las listas de códigos existentes y crear nuevas cuando ha sido necesario.
- Renombrar los elementos siguiendo los principios de INSPIRE.
- Modificar la multiplicidad de algunos atributos para mejorar o reducir la flexibilidad del modelo de datos.
- Añadir restricciones a los esquemas de aplicación.

La extensión o la creación de la nueva lista de los códigos depende del valor de extensibilidad:

- a) No extensible (*not extensible*).
- b) Extensible empleando determinados valores (*extensible using narrower values*).
- c) Extensible mediante valores adicionales en cualquier nivel (*extensible using additional values at any level*).
- d) Cualquier valor permitido (*any values allowed*).

Los valores extendidos y sus definiciones estarán disponibles en un registro, referenciable a través de un URI

persistente http. La extensión de la lista de los códigos existentes y la nueva lista de los códigos han sido publicadas por la AEMA (EEA) en el vocabulario del Diccionario de datos EIONET (EIONET data dictionary, 2016). Se sigue la recomendación de INSPIRE de incluir una etiqueta legible adicional.

Al final de este proceso, se han producido dos modelos, uno para *CddaReporting* (lugares protegidos y límites de la designación) y otro para *DesignationTypes* (designaciones nacionales).



Figura 2. Atributos obligatorios para *CddaReporting*

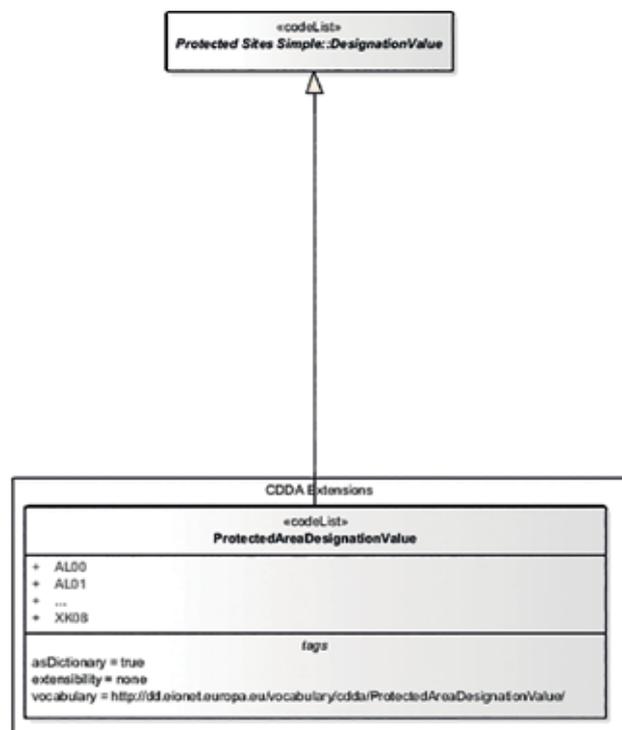


Figura 3. Extensión de la lista de códigos de INSPIRE *DesignationValue*

4. CDDA REPORTING

4.1. Extensión del modelo de datos

El modelo de datos de *CddaReporting* recoge la información sobre los lugares CDDA y también los límites de las designaciones (*designation boundaries*). Este modelo de datos se basa en el esquema sencillo de lugares protegidos (*protected sites*), que ha sido extendido siguiendo las recomendaciones de INSPIRE y conforme a los principios del Modelo Conceptual Genérico (*Generic Conceptual Model*) (INSPIRE DS-D2.5, 2014).

La extensión incluye elementos del antiguo modelo de datos de CDDA siguiendo el enfoque INSPIRE, que hace posible recoger información adicional no existente en el modelo de datos de CDDA original.

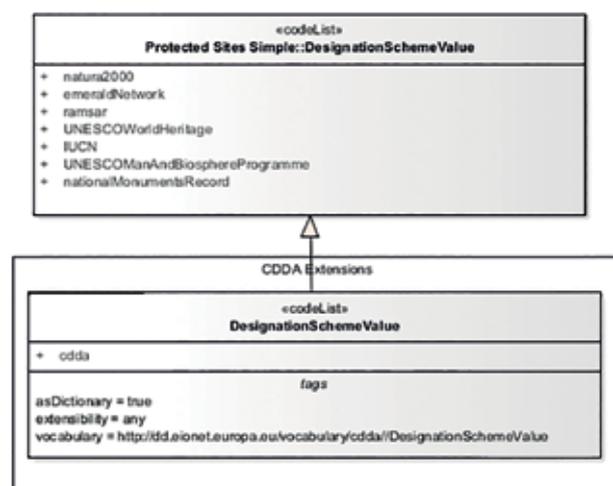
Los atributos en el nuevo modelo de datos se dividen en obligatorios y no obligatorios (Figura 2). La información de límites de designación define la línea para distinguir la condición de obligatorio. El concepto *voidable* de INSPIRE no se ha utilizado.

El esquema simple de lugares protegidos de INSPIRE se ha extendido para *CddaReporting* mediante la inclusión de elementos de varios esquemas:

- Modelo Conceptual Genérico (*Generic Conceptual Model*) de INSPIRE: tipos de base (*base types*): «featureType», «codeList».
- Tipos básicos (*basic types*) de ISO19103:2005 (ISO/TS 19103, 2005).
- Esquema espacial (*Spatial Schema*) de ISO 19107:2003. «Hoja» de la geometría: GM_Point.

4.2. Extensión y creación de nuevas listas de códigos

El modelo de datos requiere la extensión de una lista de códigos INSPIRE: *DesignationSchemeValue*. Se ha ampliado con un nuevo valor de código «cdda»



que lleva a los valores de la lista de códigos de designaciones nacionales: ProtectedAreaDesignationValue (Figura 3).

El modelo se ha extendido también con la creación de listas de códigos específicos para CDDA reporting que han sido publicados como vocabularios en el Diccionario de datos de EIONET. La mayoría de ellos, ya se incluyeron en la antigua CDDA y sólo se requiere una labor de rediseño y actualización de nomenclatura: CddaCoordinatesCodeValue, CddaDisseminationCodeValue, EionetChangeTypeValue, Iso3CountryEntityValue, IucnCatValue, MajorEcosystemTypeValue, CddaResolutionCodeValue, CddaAvailabilityCodeValue, CddaDisseminationCodeValue, ProtectedAreaDesignationValue.

La nueva lista de códigos creada específicamente para el nuevo modelo de datos es: ProtectedAreaTypeValue (2016).

5. TIPOS DE DESIGNACIÓN (DESIGNATION TYPES)

El nuevo modelo de datos para los tipos de designación no se basa en ningún modelo de datos específico de INSPIRE. El modelo de datos creado utiliza los elementos necesarios para recoger la información de los Estados miembros sobre denominaciones, subrayando que esta información es básicamente alfanumérica.

El esquema de aplicación de DesignationType incluye elementos de varios esquemas:

- Modelo Conceptual Genérico (*Generic Conceptual Model*) de INSPIRE: tipos de base (*base types*): «featureType», «codeList», LegislationCitation, RelatedParty.
- Tipos básicos (*basic types*) de ISO19103:2005⁴.
- ISO 19108:2006 esquema Temporal (*Temporal Schema*). «Hoja» de objetos temporales: TM_Period.

Los elementos, atributos, tipos de datos o listas de los códigos creados mantienen las relaciones existentes en el anterior modelo *CDDA sites*.

Una nueva lista de códigos ha sido creada específicamente para DesignationType: CategoryValue (2016).

Además utiliza la misma lista de códigos que CddaReporting para:

- Iso3CountryEntityValue.
- ProtectedAreaDesignationValue.

ProtectedAreaDesignationValue es un ejemplo del

elemento que se utiliza en ambos modelos de datos. Algunos conceptos que son nuevos para el tipo de designación con respecto a la versión antigua de CDDA son las relacionadas con el ciclo de vida de las designaciones.

6. DEFINICIONES GENERALES

Los términos y definiciones necesarias para la comprensión de este documento se definen en el glosario INSPIRE (2016-A). Además, se utilizan los siguientes términos y definiciones:

Lugar protegido (*protected site*): la Directiva INSPIRE define un lugar protegido como un área designada o gestionada en el marco de la legislación internacional, comunitaria y de los Estados miembros para alcanzar objetivos de conservación específicos.

Lugares protegidos y áreas protegidas son sinónimos.

Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), un lugar protegido es un área de tierra y/o mar especialmente dedicada a la protección y el mantenimiento de la diversidad biológica y de recursos naturales y culturales asociados, gestionado a través de medios legales u otros.

Área protegida: un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado a través de medios legales u otros medios eficaces para lograr la conservación a largo plazo de la naturaleza con servicios de los ecosistemas asociados y valores culturales (CDDA, 2016-A).

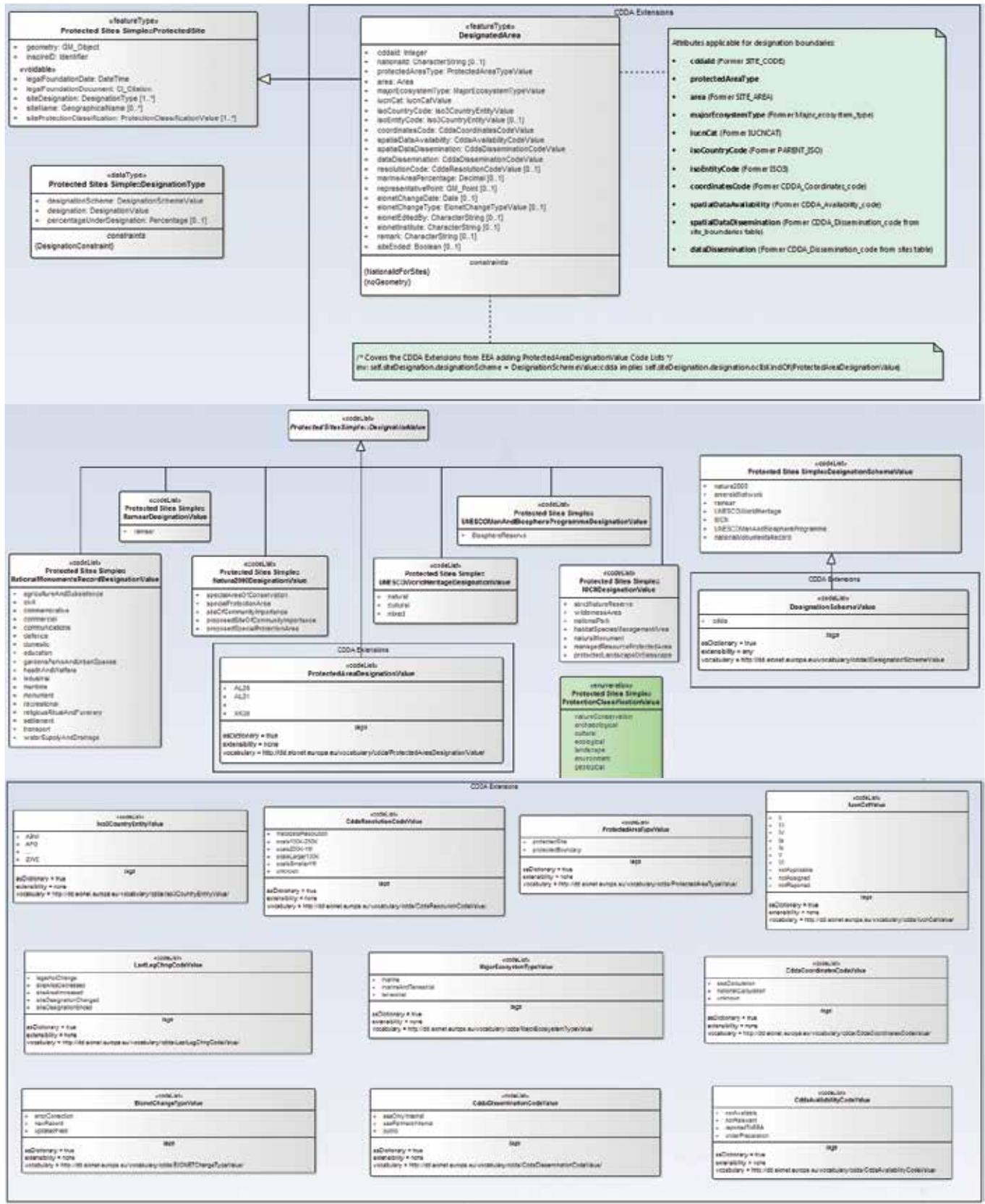
Áreas designadas (*Designated areas*): la definición de un «área designada» dentro de la base de datos común en áreas designadas (CDDA) es muy similar a la definición de área protegida conforme a la IUCN. Los «tipos de designación» se agrupan según las 3 categorías, que reflejan claramente la nota de la IUCN mediante la identificación también de los tipos de designación en otros sectores «u otros medios eficaces».

CDDA (*Common Database on Designated Areas*): base de datos sobre las áreas designadas a nivel nacional incluyendo los lugares de protección de naturaleza tales como parques nacionales y reservas naturales (CDDA, 2016-B).

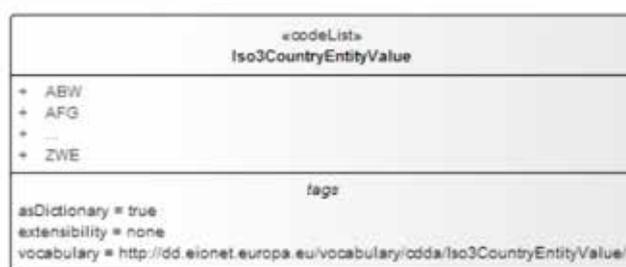
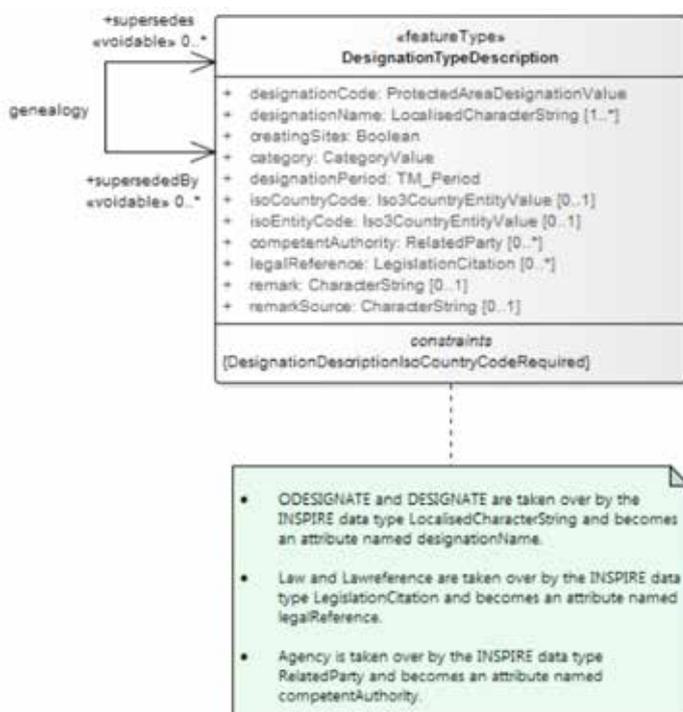
EIONET: Red Europea de Información y de Observación sobre el Medio Ambiente (EIONET, 2016).

Interoperabilidad: «Garantiza la posibilidad de que conjuntos de datos espaciales sean combinables y que los servicios interactúen, sin intervención manual repetitiva; de tal manera que el resultado es coherente y el valor añadido de los conjuntos de datos y servicios mejora [Directiva INSPIRE]» (INSPIRE glossary, 2016-B).

ANEXO. MODELO UMLCDDAREPORTING



DESIGNATIONTYPE



SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

Acrónimo	Descripción
EA	Enterprise Architect software
EEA	European Environmental Agency
EIONET	European environment information and observation network
GML	Geography Markup Language
HALE	Humboldt Alignment Editor
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe
INSPIRE PS	INSPIRE Protected sites theme
IR	Implementing Rules (a.k.a Commission Regulation)
ISDSS	Interoperability of spatial data sets and services
JRC	Joint Research Centre
NRC	National Reference Centre (Eionet)
PS	Protected Sites
TG	Technical guidelines (a.k.a Data/interoperability specification)
UML	Unified Modelling Language
UNEP-WCMC	United Nations Environment Programme – World Conservation Monitoring Centre United
WDPA	World Database on Protected Areas

REFERENCIAS

- CategoryValue (2016). Recuperado de: <http://dd.eionet.europa.eu/vocabulary/cdda/CategoryValue>.
- CDDA (2016-A). Definiciones y detalles están basados en la publicación de la IUCN: "Guidelines for applying Protected Area Management Categories" La definición se basa en publicaciones de la EEA. Recuperado de: <http://dd.eionet.europa.eu/datasets/latest/CDDA>
- CDDA (2016-B). La definición se basa en publicaciones de la EEA. Recuperado de: <http://dd.eionet.europa.eu/datasets/latest/CDDA>
- EIONET (2016). Definición basada en Web de EIONET. Recuperado de: <http://www.eionet.europa.eu/>
- EIONET data dictionary (2016). Recuperado de: <http://dd.eionet.europa.eu/vocabularies>.
- INSPIRE DS-D2.5 (2014). Recuperado de: http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.5_v3.4.pdf, Generic Conceptual Model.
- INSPIRE General Rules (2010). Recuperado de http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.5_v3_3.pdf
- INSPIRE glossary (2016-A). Recuperado de: <http://inspire.ec.europa.eu/glossary>.
- INSPIRE glossary (2016-B). Definición basada en el glosario INSPIRE. Recuperado de: <http://inspire.ec.europa.eu/glossary/Interoperability>
- ISO/TS 19103 (2005). Geographic information - Conceptual schema language.
- ProtectedAreaTypeValue (2016). Recuperado de: <http://dd.eionet.europa.eu/vocabulary/cdda/ProtectedAreaTypeValue>.

MATERIAL DE REFERENCIA ADICIONAL

- Common Database on Designated Areas reporting. Recuperado de: <http://rod.eionet.europa.eu/obligations/32>
- Central Data Repository. Recuperado de: <http://cdr.eionet.europa.eu/>
- Reportnet. Recuperado de: <http://www.eionet.europa.eu/reportnet>
- ROD - Reporting obligations database. Recuperado de: <http://rod.eionet.europa.eu/>

Sobre los autores

Leire Leoz

Arquitecta superior con diploma de especialización en planeamiento y desarrollo urbanístico. Técnica GIS con 10 años de experiencia profesional especializada en Urbanismo y GIS. Los 7 últimos años ha formado parte del equipo que realiza el Sistema de Información Urbanística de Navarra ejecutando tareas de interpretación y digitalización del planeamiento estructurante municipal para su incorporación al GIS. Consultora en varios proyectos relacionados con la implementación de la Directiva INSPIRE para la Agencia Europea de Medio Ambiente y en el proyecto europeo «Geosmartcity».

María Cabello

Consultora y Directora de Proyectos Europeos en TRACASA. PMP. Cuenta con más de 30 años de experiencia profesional, de los cuales, más de 20 han sido en proyectos de Información Geográfica. Los últimos 12 años ha estado a cargo de los proyectos Europeos, representando a la empresa en Europa y participando en diferentes eventos y actividades a nivel mundial. Participa en diversos grupos de trabajo relacionados con temas SIG (SITNA, IDEE, Grupo de expertos INSPIRE) y de normalización de información geográfica digital y Ciudades Inteligentes (AENOR, INSPIRE, ISO). En la actualidad coordina los proyectos europeos «Geosmartcity y PyrenEOS», y participa como consultora en el desarrollo de la iniciativa «Navarra Smart».

Pedro Mendive

Ingeniero Agrónomo por la Universidad Pública de Navarra. Es analista GIS en el área de Integración y servicios GIS de Tracasa. Experto en proyectos internacionales relacionados con la implementación de la Directiva INSPIRE, es además miembro del Grupo Técnico del Seguimiento e Informes a nivel nacional y participa en la publicación de los datos y metadatos del SITNA. Colabora en el Máster de SIG y Teledetección de la Universidad Pública de Navarra.

Alba Librada Ruiz

Ingeniera Técnica en Informática de Gestión por la Universidad Pública de Navarra. Experta en lenguaje de programación Java, ha colaborado tanto en proyectos europeos relacionados con la Directiva INSPIRE como en proyectos de Gestión de Catastro desarrollando diversas aplicaciones para la empresa pública Tracasa. Actualmente, se encuentra trabajando dando soporte al Gobierno de Navarra, Gobierno de Cantabria y Gobierno de Andorra en temas relacionados con la justicia.

Servicio SOS de datos de calidad del aire

SOS implementation of air quality data

Xalo Fernández⁽¹⁾ y María Soledad Gómez⁽²⁾

REVISTA **MAPPING**
Vol. 26, 181, 14-22
enero-febrero 2017
ISSN: 1131-9100

Resumen

Algunos conjuntos de datos ambientales están formados por series temporales de observaciones de sensores y estaciones de medida. Las características de esta información (alta frecuencia de actualización, estructura de datos centrada en la observación, formación de series temporales) hacen que no encaje bien en las formas de implementación recomendadas hasta ahora por las guías técnicas de INSPIRE para servicios de descarga. Por otro lado, el estándar de interfaz de servicio web Sensor Observation Service (SOS) es el más adecuado para la publicación de este tipo de datos.

Este problema fue detectado por INSPIRE, que ha completado una actualización de la guía técnica INSPIRE de servicios de descarga que incluye la implementación mediante SOS y ha financiado el desarrollo de una extensión de la aplicación de referencia para servicios SOS de OGC que hace que el servicio sea conforme con INSPIRE.

En España, el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) es el responsable de algunos de estos conjuntos de datos y de su publicación conforme a la Directiva INSPIRE. El MAPAMA ha decidido publicar los datos de las redes españolas de observación de calidad del aire a través de un servicio de descarga con interfaz SOS. El reto consiste en dar acceso a un gran volumen de datos, que se actualizan casi en tiempo real y que cumplen los requisitos INSPIRE. El servicio se ha implementado con herramientas de código abierto que incluyen una aplicación cliente de visualización para explorar la información.

Abstract

Some important environmental datasets, included in INSPIRE themes, are composed of time series of sensor observations and measurement stations records. The structure of this information (near real time updates, observation focused data, large time series of information) makes not suitable for its download the so far service interfaces recommended by the technical guidelines of INSPIRE Download Services. In the other hand, OGC's Sensor Observation Service (SOS) interface standard is the most appropriate way to publish this type of data.

This issue was noted by the INSPIRE initiative, which has dedicated a task of its Maintenance and Implementation Group (MIG) to the extension of Download Services for observation data. This activity has developed an update of INSPIRE technical guidelines on Download Services including SOS implementation and has funded the development of an extension of the OGC SOS reference implementation that makes this service INSPIRE compliant.

In Spain, the Ministry of Agriculture, Food and Environment (MAPAMA) is responsible for some of these datasets and so for publicly providing them following INSPIRE Directive. In this context, MAPAMA has decided to publish the records of its air quality network through a SOS download service. The challenge is to give access, in a straightforward and fast way, to a large amount of data, being updated in near real time and in an INSPIRE compliant format. The service has been built with open source tools and includes a view client application to allow users to explore the information through maps and charts.

Palabras clave: SOS, servicios de descarga, calidad del aire, redes de sensores, INSPIRE, MAPAMA, medio ambiente.

Keywords: SOS, download service, air quality, sensor networks, INSPIRE, MAPAMA, environment.

S.G. de Sistemas Informáticos y Comunicaciones. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA)

⁽¹⁾xfernandez@magrama.es

⁽²⁾msgomez@magrama.es

Recepción 23/11/2016

Aprobación 19/12/2016

1. INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) gestiona o recopila información de distintas redes de sensores y estaciones de medida que producen información ambiental localizada de interés, tanto para los profesionales relacionados con cada temática como para la sociedad en general.

El marco normativo actual (Ley 19/2013, 2013; Ley 27/2006, 2006; Ley 18/2015, 2015), y la propia intención del Ministerio, promueven el acceso a la información pública y la transparencia, estableciendo la necesidad de generar servicios apropiados para la descarga de estos datos.

Partiendo de estas premisas y con el objetivo de proporcionar al público los datos originales de las redes de medida de calidad del aire existentes en España en tiempo real, el MAPAMA ha desarrollado un servicio web de interfaz SOS (*Sensor Observation Service*). Este artículo describe el proceso seguido para la toma de decisión acerca de las características del servicio, su diseño e implementación, además de hacer un breve análisis de la especificación SOS (*Sensor Observation Service*, 2012) y la aplicación informática utilizada.

2. ¿POR QUÉ SOS?

Al diseñar este servicio de datos es necesario tener en cuenta, por un lado, que se trata de información geográfica, sujeta al proceso normalizador de la Directiva INSPIRE (INSPIRE, 2017); y, por otro, las propias características específicas de esta información: estructura de datos organizada en torno al concepto de observación, alta frecuencia de actualización, formación de series temporales de datos y existencia de gran número de registros.

El cumplimiento de la normativa INSPIRE exige el uso de servicios de red estándar de descarga de datos. La versión actual de la Guía técnica para la implementación de servicios INSPIRE de descarga (INSPIRE Download Services, 2013) incluye los servicios basados en Atom y WFS como las tecnologías de descarga de datos conformes con INSPIRE. Estos dos tipos de interfaz de servicio son adecuados para los conjuntos de datos vectoriales en los que las principales entidades son los objetos geográficos con geometría, pero no son eficaces, o son poco viables, para otros conjuntos de datos de características diferentes (coberturas, observaciones, datos ráster, etc.). Esta limitación ha sido detectada por la propia iniciativa INSPIRE que, desde hace 2 años, trabaja en la extensión de la Guía técnica, a través de

su Grupo de Implementación y Mantenimiento (MIG) (INSPIRE Maintenance and Implementation, 2017), para que los servicios de descarga conformes incluyan todo el espectro de conjuntos de datos recogidos por la Directiva. En este sentido, la actividad MIWP-7a (2013) ha preparado un borrador (INSPIRE Download Services, 2016) de Guía técnica ampliada que incluye el servicio de interfaz SOS como conforme con los reglamentos y recomendado por INSPIRE. Mediante MIWP-7a también se ha financiado un desarrollo de software SOS conforme con la Directiva.

Los datos de observaciones, provenientes de muy distintos tipos de sensores y estaciones de medida, tienen una estructura y dinámica de datos específicas que requieren, para su intercambio y publicación eficiente, tipos de servicios adaptados a sus características. Los servicios adecuados para este tipo de datos se vienen investigando y desarrollando en la última década en el marco de la iniciativa de estandarización *Sensor Web Enablement* (SWE) (2017) del *Open Geospatial Consortium* (OGC). SWE es un conjunto de estándares que hace accesibles y utilizables vía web los registros capturados mediante sensores. Dentro de este conjunto de especificaciones, SOS es la interfaz de servicio que permite recuperar (descargar) los datos de las observaciones y *Observations & Measurements* (O&M) (2011) el modelo en el que se codifican. Ambos son estándares estables y robustos, aceptados por la comunidad geográfica internacional como la manera más adecuada de intercambiar este tipo de información.

Por ser una interfaz de servicio diseñada ex profeso para este tipo de datos y por estar ya establecidos los términos de su conformidad como servicio de red INSPIRE, con una solución de software libre disponible que cumple con esta conformidad, es por lo que se ha optado por la interfaz de servicio SOS a la hora de habilitar la descarga de datos de sensores en tiempo real.

3. LA INTERFAZ ESTÁNDAR SENSOR OBSERVATION SERVICE

La especificación SOS es una interfaz de servicio web diseñada para consultar observaciones y descripciones de sensores y para representar los objetos geográficos a los que se refiere la observación. Es una *implementation specification* (IS) de OGC, su versión actual es la 2.0 (2012).

Se enmarca dentro de la iniciativa SWE del OGC, por lo que los modelos *SWE Common Data Model* (2011) y *SWE Service Model* (2011) sirven de base a esta especificación y son necesarios para entenderla. Las observa-

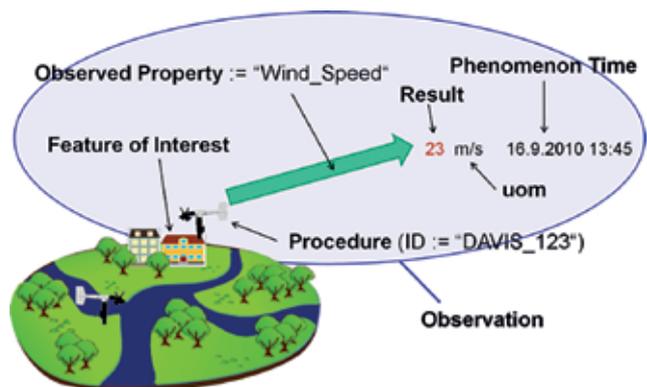


Figura 1. Tipos de entidad del modelo SOS

ciones se codifican en el esquema *Observations & Measurements* (aprobado a su vez como norma ISO 19156 (2011)) y la descripción de los sensores se realiza en el lenguaje *SensorML* (2007).

SOS incluye operaciones transaccionales que permiten añadir o eliminar sensores registrados en el servicio y añadir observaciones a través de su propia interfaz. El estándar describe la comunicación con el servicio en 2 protocolos: KVP (sólo operaciones *core*) y SOAP, aunque está previsto incorporar en un futuro al estándar la interfaz RESTful (y, de hecho, algunas aplicaciones ya la incorporan).

3.1. Conceptos importantes

Procedure (también *Process* en O&M): método, algoritmo o sensor/es utilizado/s para realizar una observación. Es el **objeto utilizado para modelar los sensores** y estaciones de registro, es una generalización del concepto de sensor o sistema de sensores para incluir cualquier forma de registro de observaciones, incluyendo cálculos.

Observed/observable property: característica o atributo de un objeto que es observada mediante un *procedure* (sensor, estación). Objeto que representa a las **variables registradas** por los sensores (p. ej. precipitación, temperatura).

Feature of interest (FOI): objeto geográfico sobre el que se produce o al que se referencia la medida de la propiedad observada. Tipo de entidad que **sirve para representar los puntos de estación o las zonas geográficas** u objetos a los que se aplica la observación realizada.

Observation: acto de observar una propiedad. Concepto central de la especificación que agrupa a los anteriores y al propio resultado de la observación. Cada objeto de tipo *observation* es el **registro del valor de una variable en una localización determinada, realizado por un determinado sensor en un momento dado**. Puede tener geometría (puntual) propia si el FOI

al que hace referencia no coincide con el punto de toma de la medida (por ser lineal o superficial).

Offering (observation offering): **colección de observaciones** de igual tipo producidas mediante **un único procedimiento** (generalmente un sistema sensor). Cada objeto *offering* constituye un **conjunto de datos del servicio**, por lo que se listan en su documento de *capabilities*. Las *offering* son los contenidos del servicio. Cada *offering* proporciona los metadatos básicos del tipo de observaciones que contiene. Una *offering* tiene observaciones de un solo *procedure*, pero un *procedure* puede proporcionar varias *offering* diferentes al servicio (relación 1:N entre *procedure* y *offering*).

Estos 5 conceptos o tipos de entidad son los fundamentales sobre los que se articula la especificación SOS y con los que trabajan las operaciones del servicio. Los cinco tipos deben tener identificadores únicos (al menos en el ámbito del servicio que se implemente) con forma de URI. Estos identificadores aparecerán en la respuesta del servicio a la petición *GetCapabilities* y con ellos se realizará todo el resto de consultas sobre la información.

Además de estos conceptos básicos también se deben tener en cuenta:

- **Phenomenon time:** momento en que se toma la medida.
- **Result:** valor obtenido en la observación de la propiedad.
- **Result time:** momento en que se genera el resultado.
- **Measurement:** conjunto de operaciones realizadas para determinar el valor de una propiedad, se considera un subtipo de observación.

3.2. Operaciones del servicio

El servicio SOS tiene una serie de operaciones que se agrupan en distintas clases, unas operaciones básicas que forman el *Core* del servicio y otras que forman diferentes extensiones. Las operaciones básicas del *Core* del servicio son:

GetCapabilities: proporciona una descripción del servicio y de los tipos de datos que contiene, los metadatos del servicio. Se compone de 5 secciones:

- *ServiceIdentification:* metadatos identificativos del propio servicio, lista de los esquemas de clase con los que es conforme el servicio.
- *ServiceProvider:* metadatos que identifican al proveedor del servicio y su punto de contacto.
- *OperationsMetadata:* descripción de las operaciones soportadas por el servicio, sus parámetros y los protocolos de comunicación habilitados para cada una.
- *Filter_Capabilities:* el servicio SOS soporta el estándar

Filter encoding (ISO 19143) (2010) en sus consultas y esta sección describe los filtros disponibles.

- *Contents*: descripción de los datos publicados por el servicio, agrupados en las *offering* que se hayan definido. De cada *offering* se detallan los metadatos comunes para el conjunto de observaciones que contiene.

DescribeSensor: esta operación proporciona los metadatos que describen los sensores (*procedure*) registrados en el servicio SOS, las estaciones de medida de las que se tienen observaciones. La respuesta de esta operación se codifica en lenguaje *SensorML*.

GetObservation: consulta a los datos de observaciones publicados por el servicio en formato O&M. Esta operación tiene parámetros (opcionales) que permiten acotar la búsqueda de observaciones, tanto por el contenido buscado (*procedure*, *featureOfInterest*, *observedProperty*, *offering*) como por su extensión espacial (*spatialFilter*) o temporal (*temporalFilter*).

El resto de operaciones del servicio se agrupa en 3 extensiones que amplían su funcionalidad: transaccional, de operaciones ampliadas y de manejo de resultados.

La extensión transaccional incluye las operaciones *InsertSensor*, *DeleteSensor* e *InsertObservation*, que permiten registrar nuevos sensores (*procedure*), eliminar los ya existentes y cargar nuevas observaciones respectivamente. La base de datos que alimenta al servicio modifica sus contenidos a través de llamadas al servicio, sin acceso directo a la base de datos por parte del usuario.

La extensión de operaciones ampliadas contiene operaciones que particularizan la búsqueda de información genérica representada por *GetObservation*. *GetObservationById* posibilita recuperar una determinada observación (o conjunto de observaciones) consultando directamente por su identificador y no mediante filtros. *GetFeatureOfInterest* centra la búsqueda en los objetos geográficos a los que se refieren las observaciones (p. ej.: una estación de medida, un área geográfica de referencia) y devuelve sus características. Permite filtrar por contenido (*procedure*, *featureOfInterest*, *observedProperty*) y por extensión geográfica (*spatialFilter*).

Por último, las operaciones de la extensión de manejo de resultados abstraen la estructura *observación-variable-sensor* de la especificación mediante el uso de plantillas (suponiendo que un mismo sensor registra valores de una misma variable siempre de igual forma) para trabajar únicamente con los resultados de las observaciones (valores registrados en cada observación). Para ser utilizadas es necesario que previamente se hayan registrado en el servicio los sensores y que se hayan definido las relaciones entre éstos, las variables

observadas, las observaciones y los conjuntos de datos publicados. *InsertResultTemplate* permite cargar una plantilla de resultados que se compone de la estructura de datos del resultado, su forma de codificación, una plantilla del tipo de observación en el que se almacenará el valor (objeto O&M que incluye sensor, variable observada y FOI) y el conjunto de datos (*offering*) al que pertenece el resultado. Cada plantilla de resultados se identificará por su par conjunto de datos – variable observada (*offering* – *observedProperty*). Una vez creados los correspondientes *ResultTemplate* se pueden añadir nuevas observaciones a la base de datos insertando únicamente los valores observados con la operación *InsertResult*. Esta operación tiene como parámetros el valor a insertar y la plantilla de resultados (*ResultTemplate*) que le corresponde. La operación *GetResult* permite recuperar únicamente los valores registrados, sin el resto de la información asociada a la observación. Tiene como parámetros obligatorios *offering* y *observedProperty* (que definen el formato de los resultados) y, adicionalmente, se puede filtrar la petición por FOI asociada, extensión geográfica y temporal. La operación *GetResultTemplate* devuelve la plantilla de resultados, con su estructura de datos y forma de codificación, para cada par *offering* – *observedProperty* dado, posibilitando la interpretación de las peticiones *GetResult*.

3.3. Modelado de datos

Los datos de observaciones ofrecidos por el servicio SOS se codifican (por defecto) siguiendo el modelo del estándar *Observations & Measurements*, actualmente en su versión 2.0. El siguiente diagrama representa la parte básica de este modelo, la definición del objeto *OM_Observation*:

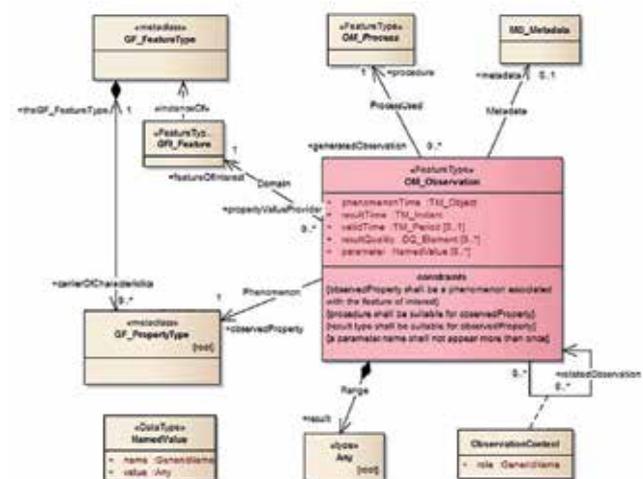


Figura 2. Objeto *OM_Observation* del esquema de aplicación *Observations & Measurements*

En esta definición se pueden ver las relaciones del objeto observación con el resto de conceptos presentes en la especificación SOS: *procedure* (*OM_Process*), *featureOfInterest* (*GFI_Feature*), *observedProperty* (*GF_PropertyType*) y *result* (*offering* es un concepto propio de SOS y no existe en el modelo O&M). También los atributos del propio objeto observación, que lo caracterizan, fundamentalmente los tipos fecha/hora *phenomenonTime* y *resultTime*.

3.4. Pasos necesarios para modelar datos en O&M

Los siguientes pasos son un ejemplo (*How to model your observation data in SOS 2.0?, 2011*). de procedimiento para traducir un determinado conjunto de datos de observaciones a modelo O&M:

1. Identificar los sensores que están haciendo las observaciones. Los sensores son *procedures* en el modelo O&M. Hay que generar sus identificadores globales y sus descripciones *SensorML*.
2. Identificar los objetos geográficos (*features of interest*) sobre los que los sensores hacen las observaciones. Éstos suelen ser puntos de interés de distinto tipo. Se debe tratar de reutilizar representaciones geográficas ya existentes de estos objetos. Si no existen, hay que definir tipos de geometría propios y generar identificadores globales para ellos.
3. Identificar las variables (*observed properties*) observadas por los sensores. Es bueno tratar de reuti-

lizar definiciones ya existentes de estas variables, desarrolladas en diccionarios/vocabularios de ontologías adecuadas. Si no existen hay que generarlas, junto a sus correspondientes identificadores globales.

4. Identificar el momento en el que ocurrió la observación (*phenomenonTime*) y cuándo se generó el resultado de esa observación (*resultTime*). Si son el mismo puede apuntarse el *resultTime* al *phenomenonTime*.
5. Identificar el tipo de resultado de la observación. Hay varios subtipos dentro de la observación genérica definida en O&M, cada una con sus tipos de resultado bien definidos. Por ejemplo, si el resultado de la observación son valores numéricos escalares, debe utilizarse *OM_Measurement*. Si los resultados son datos lógicos (sí/no) se puede usar *OM_TruthObservation*.

4. LA APLICACIÓN 52°NORTH SOS 4.X

La aplicación web de la iniciativa de software geográfico de código abierto 52°North (2016) es la implementación de referencia del servicio SOS 2.0 para OGC (y casi la única encontrada a febrero de 2016 que implemente esta versión del estándar de servicio web). Es una aplicación desarrollada en Java que implementa la especificación SOS completa (core + extensiones), además de alguna operación añadida y la interfaz de comunicación RESTful.

La aplicación servidora es un proyecto de desarrollo bastante maduro (el salto de versión 3.x a 4.x es significativo, implicando importantes mejoras y optimización de la interfaz de servicio web) que se enmarca en la línea de trabajo *Sensor Web* de la iniciativa 52°North en la que se quieren desarrollar infraestructuras de acceso a series de datos en tiempo real registradas por sensores, en línea con la iniciativa SWE del OGC.

A través de su interfaz web la aplicación permite configurar su funcionalidad, los metadatos y documentación del servicio publicado y sus contenidos. Estas son algunas de las características configurables:

- *Service Provider, Service Identification*: información de metadatos del servicio con la que se rellenan las secciones homónimas del documento de *Capabilities* del servicio SOS.
- *Service, Miscellaneous, CRS*: distintos parámetros generales de configuración del servicio, algunos se escriben en el *Capabilities* (URL del servicio, CRS

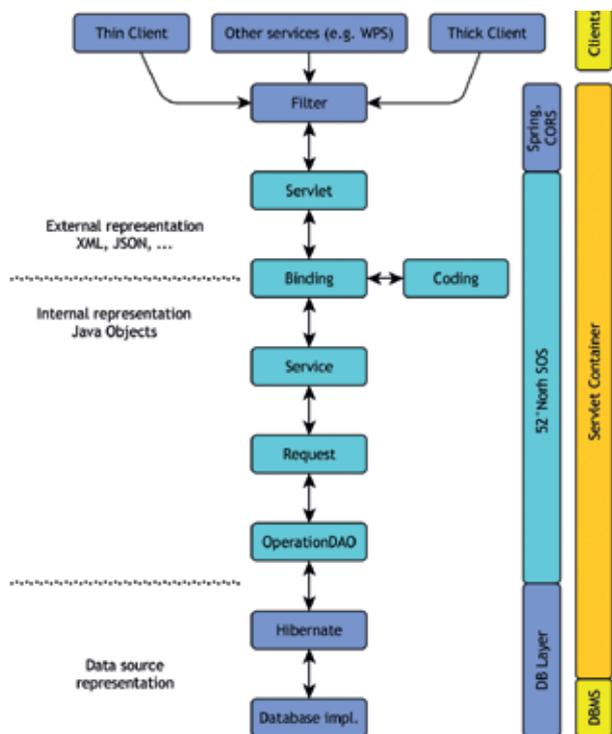


Figura 3. Arquitectura básica de la aplicación

disponibles, etc.) y otros configuran respuestas de operaciones (prefijos por defecto para URIs de identificadores de objetos).

- *Capabilities Settings*: permite la carga de documentos estáticos de *Capabilities* del servicio que, de existir, sustituirán al generado automáticamente a partir de la configuración del servicio en la respuesta a la operación *GetCapabilities*. También existe la opción de incluir nuevas extensiones para el documento de *Capabilities* y para la descripción de las *Offering*.
- *Operations*: este menú permite hacer disponibles o desactivar las operaciones del servicio, por ejemplo para darle o no funcionalidad transaccional.
- *Encodings*: activación/desactivación de formatos de codificación de respuesta publicados por el servicio.
- *RESTful Binding*: configuración de la interfaz RESTful del servicio.
- *Procedure Description*: configuración del patrón de generación automática de descripciones de sensores. También permite la carga de xml (en formato SensorML) con descripciones de sensores (estáticas) predefinidas que servirán de respuesta a la operación *DescribeSensor*.
- *INSPIRE*: parámetros de configuración de la extensión INSPIRE del servicio SOS, para que el servicio sea conforme con INSPIRE.
- *I18N Settings*: opciones de multilingüismo del servicio, permite la gestión del idioma de respuesta por defecto e identificar y describir los objetos de tipo *procedure*, *offering*, *observableProperty* y *featureOfInterest* en diferentes idiomas para completar las respuestas multilingües de las operaciones del servicio.

4.1. Modelo de base de datos de la aplicación

La aplicación implementa el modelo de datos del servicio estándar SOS y el estándar de codificación de observaciones O&M en una base de datos relacional con una estructura de tablas y relaciones determinada (52°North SOS 4.x database model, 2016), que debe ser rellenada correctamente para que el servicio publique el conjunto de datos y responda a las peticiones de forma adecuada.

En el siguiente gráfico se resume el modelo de base de datos de la aplicación, destacando sus elementos más importantes. Cada elemento dibujado es una tabla de la base de datos del servicio.

5. DISEÑO DEL SERVICIO

En el diseño del servicio de descarga de datos de calidad del aire se ha intentado combinar el cumplimiento de los estándares, con las rigideces que ello supone, con la potenciación del uso práctico de los datos por los usuarios finales. Además se ha estudiado la forma de optimizar la gestión de la base de datos que alimenta al servicio, la cual hay que actualizar con nuevos datos cada hora para mantener el servicio de información en tiempo real.

Para cumplir con la normativa INSPIRE el servicio debe ser un servicio de red de descarga de datos conforme con la Norma de ejecución de servicios de red (Commission Regulation, 2009) y estar implementado según la Guía técnica para la implementación de servicios INSPIRE de descarga. A su vez, los datos publicados deben cumplir con los requisitos de la Norma de ejecución de interoperabilidad de conjuntos y servicios de datos espaciales (Commission Regulation, 2010) en concreto con las especificaciones de datos del tema o temas que les corresponden. Como ya se ha dicho, el servicio se ajusta a la implementación de servicio INSPIRE de descarga con interfaz SOS recomendada en el borrador de la Guía técnica preparada por el MIG, que está pendiente de aprobación para sustituir a la versión actual. Los datos de calidad del aire están incluidos en el tema *III.13. Condiciones atmosféricas* (2013) y, en lo tocante a las propias estaciones de medida, en el tema *III.7. Instalaciones de observación del medio ambiente* (2013). Ambas especificaciones de datos se remiten a la codificación mediante el esquema O&M (ISO 19156), el implementado en este servicio, para el modelado de este tipo de información geográfica.

Para potenciar la usabilidad de los datos publicados se ha habilitado la interfaz RESTful que incluye el software utilizado. Esta interfaz del servicio es acorde con

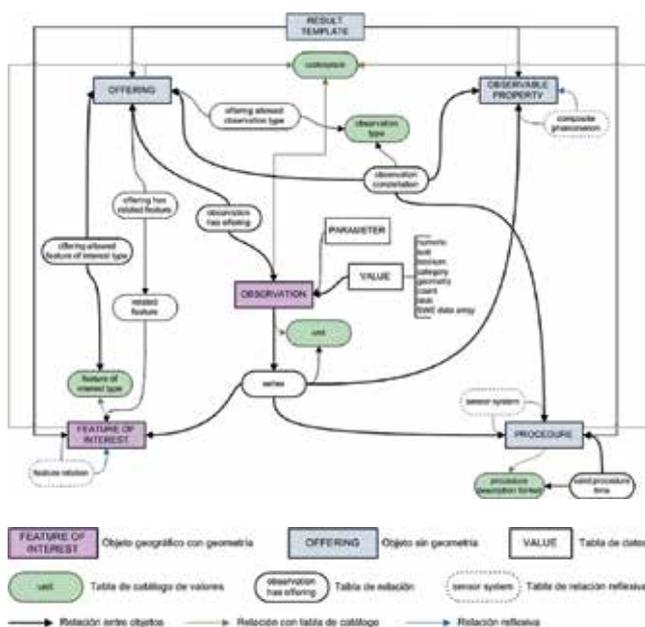


Figura 4. Esquema físico de la base de datos de la aplicación

las últimas evoluciones de la especificación SOS en el seno de OGC, que tiene la intención de incorporarla oficialmente al estándar en su próxima versión. Con esto se amplía el espectro de posibilidades de comunicación con el servicio y los formatos de descarga de datos (al incluir JSON) y se pretende fomentar el desarrollo de aplicaciones de usuario final para dispositivos móviles que hagan uso de los datos del Ministerio y aporten algún valor añadido para el público.

También se ha trabajado en la generación de identificadores únicos e invariables para los objetos de los principales tipos de entidad del modelo de datos (*procedure, observable property, feature of interest, observation y offering*), lo que aumenta su estabilidad y trazabilidad para el usuario. Se ha optado por darles forma de URN (*Uniform Resource Name*) siguiendo el siguiente modelo:

`urn:magrama.gob.es/ca/[tipo de entidad]/[ID]`

Para el caso de las observaciones [ID] se genera mediante un algoritmo que combina la estación, la variable observada y la fecha y hora de observación, garantizando la unicidad e invariabilidad del identificador en el tiempo a pesar de que los datos de observaciones se renueven y recarguen en el sistema con frecuencia horaria. Esta forma de identificación de los objetos cumple con el requisito de que tengan forma de URI (*Uniform Resource Identifier*) y deja abierta la posibilidad de una sencilla conversión en URLs (*Uniform Resource Locators*)

en caso de que, en un futuro, los datos se hagan disponibles en Internet, como recursos individualizados, en forma de datos enlazados abiertos.

5.1. Carga y mantenimiento de los datos

La aplicación 52°North SOS necesita una conexión de datos con un modelo de datos predefinido, por lo que la base de datos original de la información a publicar no se puede conectar directamente al servicio. Es necesario hacer una «traducción» de los datos originales a la estructura de datos y tablas de la aplicación. Este paso puede realizarse de varias formas, que permitirán cargar (carga inicial) y modificar (mantenimiento) los datos publicados por el servicio.

En **1** los datos se cargan en la base de datos asociada al servicio SOS mediante peticiones transaccionales estándar al propio servicio. Para ello es necesario formatear en una operación de inserción (*InsertSensor, InsertObservation*) los datos de la base de datos original mediante una herramienta ETL (*Extract – Transform – Load*). En este procedimiento la base de datos original no se comunica directamente con la base de datos del servicio SOS, sino a través del servicio.

Este primer método de carga tiene la ventaja de que no depende de los cambios en la aplicación 52°North SOS y en su base de datos asociada, si el modelo de datos de origen no cambia, el procedimiento de carga no tiene modificaciones. Sus desventajas son la duplicación de los datos (las 2 bases de datos, original y del servicio, son independientes) y la necesidad de una herramienta ETL o un desarrollo propio para realizar el cambio de modelo de datos.

En **2** los datos se cargan en la base de datos asociada al servicio SOS a través de un conjunto de sentencias SQL predefinidas que realizan la «traducción» de modelo de datos. La ejecución de estas consultas debe programarse en el tiempo con la frecuencia apropiada para que los datos se mantengan actualizados (según las características de los propios datos). Con este procedimiento la base de datos original se comunica directamente con la base de datos del servicio SOS, pero ambas son bases de datos diferentes.

Este segundo procedimiento de carga tiene la ventaja de que no necesita aplicaciones ni desarrollos adicionales más allá de los recursos de las bases de datos y la aplicación SOS, el cambio de modelo de datos se realiza dentro del propio sistema gestor de bases de datos. Por otra parte, en este caso los datos también se duplican y las sentencias SQL de carga dependen de la estabilidad del modelo de base de datos de la aplicación, si varía habría que corregirlas.

En **3** se asocia al servicio la propia base de datos

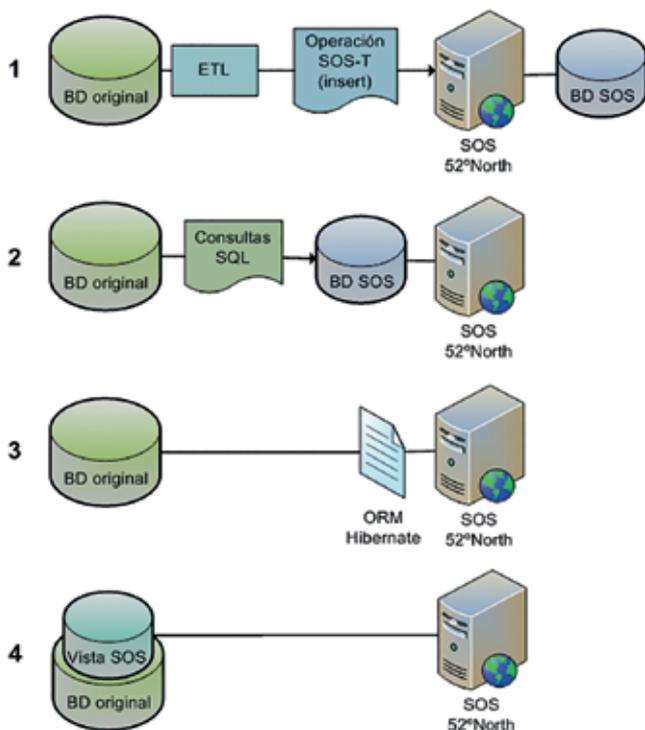


Figura 5. Opciones para el mantenimiento de la base de datos del servicio.

original personalizando al modelo de datos de origen los archivos de configuración de *Hibernate* (librería incluida en la aplicación 52°North SOS) que permiten la interpretación de los datos del modelo relacional como objetos de la aplicación. Mediante este procedimiento la aplicación entiende el modelo de datos de la base de datos original y la utiliza como base de datos del servicio SOS.

Este método de conexión tiene la ventaja de que no necesita de una carga de datos propiamente dicha, la conexión es directa, no duplica los datos y su actualización siempre es la misma que la de los datos originales. La principal desventaja es que toda la carga de trabajo del cambio de modelo se deja del lado del servidor de aplicaciones y se ejecuta en tiempo real, lo cual penaliza enormemente los cambios de modelo complejos. Además la «flexibilidad» de las plantillas xml de *Hibernate* es limitada y no pueden adaptarse a cualquier modelo de datos de origen.

4 es un método muy similar a **2**, pero en este caso la base de datos del servicio se genera mediante un conjunto de vistas de la base de datos original. El cambio de modelo de datos se realiza con el mismo conjunto

de consultas SQL, sólo que en este caso generan vistas en la misma base de datos en vez de escribir tablas en una nueva. El servicio SOS se conecta directamente a estas vistas, que ya cumplen con su modelo de datos.

Este procedimiento para alimentar de datos a la aplicación tiene la ventaja de que no duplica los datos pero, al trabajar con vistas, podría afectar al rendimiento final de la aplicación servidora. Por lo demás sus ventajas y desventajas son similares a las de la segunda opción.

Dependiendo de los recursos disponibles y de las características del modelo de datos original, en cada caso, será mejor una u otra de las soluciones descritas. En el caso del servicio SOS de datos de calidad del aire del MAPAMA el cambio de modelo era demasiado complejo para soportarlo con *Hibernate* y no se contaba con ninguna herramienta ETL que apoyase el proceso. Además se quería limitar el aumento en el volumen de datos generado por la implementación del servicio en la medida de lo posible. Por estas razones se ha optado por la opción **4** como forma de mantenimiento y actualización de los datos del servicio y se ha generado el modelo de datos SOS en la base de datos corporativa mediante vistas materializadas de los datos originales.

6. CLIENTE WEB

En la implementación final del servicio se ha incluido la publicación de un cliente web que explota los datos publicados para complementar al servicio y darle visibilidad, dado que actualmente apenas hay clientes de servicios SOS disponibles. Se trata de una sencilla aplicación que se incluye en la propia distribución del software del servicio y que ha sido adaptada a la imagen corporativa de los servicios SIG del MAPAMA. Este cliente SOS permite la navegación geográfica, localización y selección de las series de datos, consulta de la información en forma de gráficas y descarga en formato JSON o CSV.

REFERENCIAS

- 52°North Sensor Observation Service 4.x(2016). Recuperado de: <https://wiki.52north.org/SensorWeb/SensorObservationServiceIV>
- 52°North SOS 4.x database model (2016). Recuperado de: <https://wiki.52north.org/SensorWeb/SensorObservationServiceDatabaseModel>
- Commission Regulation (EC) No 976/2009 of 19 October 2009 implementing Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council as regards

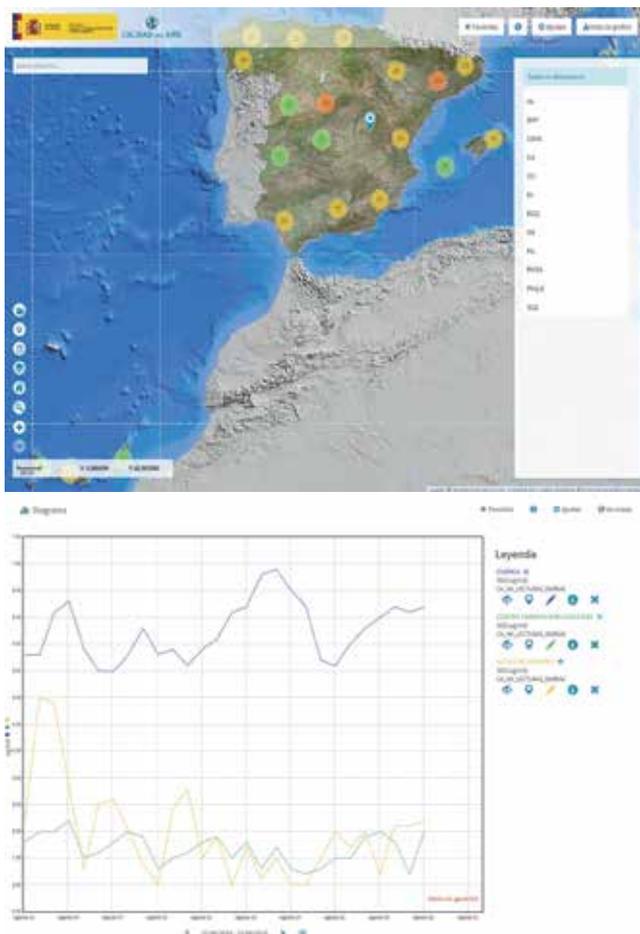


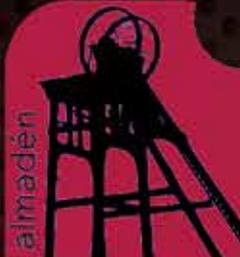
Figura 6: Aspecto de la vista geográfica y gráfica del cliente SOS.

- the Network Services (2009). Recuperado de: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02009R0976-20141231>
- Commission Regulation (EU) No 1089/2010 of 23 November 2010 implementing Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council as regards interoperability of spatial data sets and services (2010). Recuperado de: [HYPERLINK "http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02010R1089-20141231"](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02010R1089-20141231)
- How to model your observation data in SOS 2.0? (2011). Recuperado de: http://www.ogcnetwork.net/sos_2_0/tutorial/om
- INSPIRE (2017). Infrastructure for Spatial Information in the European Community, Recuperado de: <http://inspire.ec.europa.eu/>
- INSPIRE Data Specification on Atmospheric Conditions and Meteorological Geographical Features (2013). Recuperado de: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_AC-MF_v3.0.pdf
- INSPIRE Data Specification on Environmental Monitoring Facilities (2013). Recuperado de: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_EF_v3.0.pdf
- INSPIRE Download Services (2013). Technical Guidance for the implementation of INSPIRE Download Services. Recuperado de: http://inspire.ec.europa.eu/documents/Network_Services/Technical_Guidance_Download_Services_v3.1.pdf
- INSPIRE Download Services (2016). Technical Guidance for implementing download services using the OGC Sensor Observation Service and ISO 19143 Filter Encoding. Recuperado de: <http://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/download-sos>
- INSPIRE Maintenance and Implementation (2017), Recuperado de: <http://inspire.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/5160>
- ISO 19143:2010 Geographic information – Filter encoding (2010). Recuperado de: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=42137
- ISO 19156:2011 Geographic information – Observations and measurements (2011). Recuperado de: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=32574
- Ley 19/2013, Ley 27/2006, Ley 18/2015. [HYPERLINK "https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-12887"](https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-12887) Ley 19/2013, de 9 de diciembre, de transparencia, acceso a la información pública y buen gobierno, [HYPERLINK "https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-13010"](https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-13010) Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente, [HYPERLINK "https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-7731"](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-7731) Ley 18/2015, de 9 de julio, sobre reutilización de la información del sector público
- MIWP-7^a (2013). SOS-based download services. Recuperado de: <https://ies-svn.jrc.ec.europa.eu/projects/download-services-tg>
- Observations and Measurements (2011). Recuperado de: <http://www.opengeospatial.org/standards/om>
- OGC Sensor Observation Service Interface Standard v.2.0. (2012). Recuperado de: https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=47599
- Sensor Model Language (SensorML) (2007). Recuperado de: <http://www.opengeospatial.org/standards/sensorml>
- Sensor Observation Service (2012). Recuperado de <http://www.opengeospatial.org/standards/sos>
- Sensor Web Enablement (SWE)(2017). Recuperado de: <http://www.opengeospatial.org/ogc/markets-technologies/swe>
- SWE Common Data Model Encoding Standard (2011). Recuperado de: <http://www.opengeospatial.org/standards/swecommon>
- SWE Service Model Implementation Standard (2011). Recuperado de: <http://www.opengeospatial.org/standards/swes>

Sobre el autor

Xalo Fernández Villarino

Ingeniero en Geodesia y Cartografía por la Universidad Politécnica de Madrid. Especialista en tecnologías de la información geográfica y territorial, actualmente es jefe de servicio en la unidad de Cartografía y SIG del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Anteriormente trabajó como técnico en el Servicio de Ocupación del Suelo y el equipo IDE del Instituto Geográfico Nacional y como ingeniero en Geodesia y Cartografía en la Sección de SIG y Cartografía del Gobierno de La Rioja. Ha desarrollado su actividad profesional en la gestión y mantenimiento de IDEs, modelado de datos geográficos y en la implementación de la Directiva INSPIRE a nivel nacional.



EIMIA

XVII Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero

XXI Sesión Científica de la SEDPGYM



21-24
SEP 2017

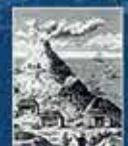
El Patrimonio Geológico y Minero, Identidad y Motor de Desarrollo

(Homenaje a D. José María Mata Perelló)

Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén
Universidad de Castilla-La Mancha
<http://eimia.uclm.es>



Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero



Nuevo sistema productivo de Información Geográfica de Referencia de hidrografía

REVISTA **MAPPING**
Vol. 26, 181, 24-30
enero-febrero 2017
ISSN: 1131-9100

New production system of Geospatial Reference Information of Hydrography

Celia Sevilla⁽¹⁾, Eduardo Núñez⁽²⁾, Nuria Valcárcel⁽³⁾, Julián Delgado⁽⁴⁾,
Gema Martín-Asín⁽⁵⁾, Miguel Villalón⁽⁶⁾, Jaime Sánchez⁽⁷⁾

Resumen

En el año 2014, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) lanzó un nuevo sistema productivo de Información Geográfica de Referencia (IGR) de alta resolución, conforme con INSPIRE (Directiva 2007/2/CE), alineado con las decisiones sobre gestión de IGR a nivel global y cumpliendo los requerimientos de los usuarios a nivel nacional, europeo y global. Este artículo describirá los pasos que se han llevado a cabo para implementar este nuevo sistema productivo en el tema de hidrografía. El primer paso ha consistido en recoger y analizar los requerimientos y las necesidades de un primer conjunto de usuarios. Como resultado se ha concluido que, en el caso de la IGR de hidrografía, es importante proporcionar una representación fiel, un grafo que sirva de base a todo tipo de aplicaciones SIG y simulaciones hidrológicas, y modelos digitales hidrológicos de direcciones y de acumulación de flujo.

El segundo paso ha consistido en el diseño de unas especificaciones de producto de datos con su correspondiente catálogo de objetos geográficos y el correspondiente esquema de aplicación que contemple los datos para los dos casos de uso desarrollados en INSPIRE: Aguas físicas y Modelo de red.

El siguiente paso ha sido desarrollar una metodología que permitiese armonizar la hidrografía existente en la Base Topográfica Nacional a escala 1:25 000 (BTN25) con la geometría obtenida de manera automática partir de cálculos de acumulación de flujo sobre el MDT de 2 metros de ancho de malla, calculado a partir de la nube de puntos LiDAR con una densidad de 1 punto/m².

La metodología se puso en práctica en un proyecto piloto sobre la cuenca del Guadiana de 59 000 km² y posteriormente se pasó a producción para todas las cuencas de España (500 000 km²).

Finalmente, los datos resultantes se publicarán a través de servicios web estándar conformes con las Normas de Ejecución de INSPIRE.

Abstract

In 2014, the National Geographic Institute of Spain launched a new production system of Geospatial Reference Information (GRI) at high resolution, INSPIRE conformant (2007/2/CE Directive), aligned with management decisions about GRI at global level and meeting user requirements at national, European and global level.

This article describes the steps carried out to implement this new production system in the field of hydrography. The first step consisted in collecting and analysing user's requirements and needs from a set of users. As a result, it has been concluded that in the case of GRI of hydrography it is important to provide an accurate representation, a graph for GIS analysis and hydrological simulations, and hydrological digital models with flow direction and accumulation.

The second step consisted in the development of Data Specifications of Hydrography including the corresponding feature catalogue and the application schema with the two uses cases developed in INSPIRE: Physical Waters and Hydrological Network.

The next step was to develop a methodology for harmonizing geometry of the existing hydrography in the National Topographic Data Base at 1:25k (BTN25) with the one obtained automatically. Such geometry is obtained by flow accumulation computations on DTM with a grid of 2 meters calculated from a cloud of LiDAR points with a density of 1 points/m².

The methodology was tested in a pilot Project on the Guadiana basin of 59,000 km² and, after some improvements, was put under production for all basins of Spain (500 000 km²).

Finally, the resulting data will be published through standard web services compliant with the Implementing Rules of INSPIRE.

Palabras clave: Información Geográfica de Referencia, IGR, hidrografía, INSPIRE, LIDAR, MDT, hidrología.

Keywords: Geospatial Reference Information, GRI, hydrography, INSPIRE, LIDAR, DTM, Hydrology.

Área de proyectos internacionales.

Centro Nacional de Información Geográfica

⁽¹⁾cssanchez@fomento.es, ⁽⁶⁾mvillalon@cniig.es, ⁽⁷⁾jaime.sanchez@cniig.es

SG de Cartografía. Instituto Geográfico Nacional

⁽²⁾enmaderal@fomento.es, ⁽³⁾nvalcarcel@fomento.es,

⁽⁴⁾jdhermandez@fomento.es, ⁽⁵⁾gmartinasin@fomento.es

Recepción 22/12/2016

Aprobación 10/01/2017

1. INTRODUCCIÓN

Las necesidades continuas y crecientes de los usuarios, unidas a los avances tecnológicos, a la normativa vigente y al contexto global en materia de información geográfica han llevado a promover un cambio del sistema productivo de la información geográfica de referencia dentro del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Este cambio requiere alcanzar una coordinación a nivel nacional, cumplir los requerimientos de las directrices de INSPIRE (Directiva 2007/2/CE) y estar alineado con las decisiones sobre gestión de la Información Geoespacial de Referencia (IGR) a nivel global. Estos requerimientos implican no solo una justificación a nivel político, administrativo y económico sino también una justificación de las condiciones técnicas y su viabilidad.

La mencionada Información Geográfica de Referencia (IGR) ha sido definida en los *Position Paper* de INSPIRE, en los documentos de ESDI y en los de UN-GGIM y su objetivo esencial es servir para georeferenciar y localizar de manera precisa, única, común y estandarizada cualquier fenómeno geográfico de interés, por lo que constituye el esqueleto básico y fundamental de todo el edificio de datos geográficos que se manejan en multitud de campos de aplicación. Ha de estar producida por un organismo oficial competente en la materia que ofrezca garantía de producción sostenida y coherente en el tiempo, garantía de calidad, homogeneidad y respuesta ante reclamaciones y, por último, carácter oficial.

En particular y en el caso de la IGR de hidrografía, debe además ajustarse y tratar de satisfacer las necesidades y requerimientos de los usuarios, en particular proporcionar una representación cartográfica fiel y eficiente, proporcionar un grafo que sirva de base a todo tipo de aplicaciones y simulaciones hidrológicas, como generación de modelos digitales hidrológicos, modelos de direcciones y modelos de acumulación de flujos.

Por último y en un plano más general, debe ser conforme con el marco definido por la Directivas INSPIRE y todo lo que implica: datos conforme a especificaciones, con metadatos INSPIRE, publicados a través de servicios web de visualización y descarga, catalogados a su vez con metadatos de servicios INSPIRE, actualización en ciclos razonables, etcétera.

En esta línea de actuación, el IGN puso en marcha en marzo de 2014 un nuevo sistema productivo de generación automática o semiautomática de red vectorial para la Información Geográfica de Referencia (IGR) de hidrografía que se está llevando a cabo en dos versiones, de manera simultánea, y tratando de satisfacer los requerimientos de INSPIRE y de los usuarios. La primera versión conocida como IGR v.0 se ha realizado a partir de los datos existentes en el modelo BTN25 v.2 que integran datos de red hidrográfica, código Pfafstteter de la DGA y masas de agua (embalses, ríos superficiales, lagos, etc.). La segunda versión IGR v.1 se obtiene armonizando la

información obtenida anteriormente, con una nueva Red Hidrográfica Automática (RHA) obtenida a partir de cálculos de acumulación de flujo sobre los nuevos Modelos Digitales del Terreno de ancho de malla 2 metros (MDT02) calculados a partir de la cobertura LiDAR de toda España con un punto cada 2 m².

2. FASES DE PRODUCCIÓN

2.1. Reuniones con los usuarios

Se han recogido las necesidades de los usuarios identificando, ordenando y jerarquizando a dichos usuarios con competencia en la generación de datos geográficos, organismos productores y aquellos que necesitan la información para la elaboración de su información geográfica. Se ha analizado y estudiado la información disponible de cada uno de ellos y se ha profundizado en el conocimiento de los fenómenos geográficos junto con su representación espacial para llegar a definir el contenido y estructura de los datos que finalmente se han incluido en la IGR de Hidrografía.

2.2. Análisis de especificaciones de datos de Hidrografía y de temáticas paralelas

El segundo paso ha consistido en analizar las especificaciones de INSPIRE en Elementos Hidrográficos, en otros campos temáticos paralelos (por ejemplo, en áreas de regulación, regiones marinas, edificios, cubierta del suelo, etc.), junto con la documentación común de los modelos conceptuales y de la Red INSPIRE. En función de los requerimientos de los usuarios, se han modificado las clases de entidad propuestas con los atributos y las relaciones necesarias.

Por último, se han generado las especificaciones del producto de datos, que comprende tanto las masas de aguas físicas superficiales como el modelo de red, válido para el tratamiento hidrológico y geográfico, detallando el modelo de datos de elementos hidrográficos y el catálogo de objetos geográficos; estos apartados describen el uso propuesto de las especificaciones INSPIRE y las ampliaciones de entidades y atributos INSPIRE según necesidades nacionales.

2.3. Esquema de aplicación conforme a INSPIRE

El esquema de aplicación de hidrografía establecido se divide en dos subesquemas separados que satisfacen los casos de uso especificados en INSPIRE:

- El Modelo de Aguas Físicas (*Physical Waters* en las especificaciones INSPIRE) que tiene como principal objetivo servir para producir mapas básicos de Hidrografía que describan la morfología y aspecto geométrico de la hidrografía de un país o región. Puede decirse que es un modelo esencialmente descriptivo, con un amplio abanico de aplicaciones capaces de generar mapas digitales temáticos y que

va servir como entrada para la generación de información de otros temas del Anexo III de la Directiva INSPIRE. Está orientado al objeto hidrográfico (*HydroObject*) dotado de un identificador único, de una geometría y morfología bien descritas, frecuentemente a varias escalas, y de un conjunto de atributos. Incluye la representación de todos los elementos hidrográficos principales naturales y artificiales.

- El Modelo de red (*Network model* en las especificaciones INSPIRE) tiene como principal objetivo proporcionar un grafo planar de Hidrografía que describa el flujo y conectividad de la Hidrografía, está orientado al análisis en todo tipo de aplicaciones y se deriva del *Generic Network Model* (GNM) de INSPIRE y una de sus características más importantes es la consistencia topológica. El objetivo de esta red es permitir el análisis SIG y el modelado para aplicaciones diversas. Ejemplos de aplicaciones pueden ser el análisis para suministro de agua, gestión de sequías, simulación y previsión de riadas e inundaciones, evaluación de riesgos, estudios de impacto medioambiental y planificación espacial. Incluye la red topológica de ríos y canales.

Hay que decir que la Base de Datos que contiene los datos del Modelo de Aguas Físicas incluye los ejes ficticios de todos los objetos hidrográficos superficiales (ríos de doble margen, embalses, lagos, lagunas, etcétera) y periódicamente se generará la estructura arco-nodo sirve de Modelo de Red. Conviene recordar, que las Bases de Datos internas de trabajo no tienen por qué ser conformes con las especificaciones INSPIRE ni cumplir todos sus requisitos, pero los ficheros generados para su distribución y las respuestas a las peticiones WFS sí que deben serlo.

Se han adaptado los esquemas originales de INSPIRE extendiendo los modelos para satisfacer los requerimientos existentes en cuanto a información hidrográfica en España y las especificidades de nuestra realidad hidrológica. Se han añadido nuevos atributos, se han estandarizado los valores permitidos para otros, definiéndolos como listas codificadas (*codelists*) en lugar de texto libre y no se han utilizado algunos atributos *voidables* (omisibles, atributos que son obligatorios solo en el caso de que se conozca su valor) porque no están disponibles en el caso de nuestro país.

En cualquier caso, la conformidad tanto con el Reglamento (Reglamento de la Comisión (EU) 1089/2010, 2010) como con la Guía técnica (INSPIRE Data Specification on Hydrography, 2014) que define las especificaciones de datos estará garantizada y el producto final tiene que pasar todas las clases de conformidad del Conjunto de Pruebas Abstractas (*Abstract Test Suite*) establecido.

2.4. Creación de servicios web

Como es lógico dado el estado tecnológico de desarrollo

de las actividades de difusión y publicación de datos geográficos, atendiendo a las necesidades de los usuarios y en cumplimiento de lo establecido en la Directiva INSPIRE (2007) el conjunto de datos de IGR de Hidrografía resultante del nuevo método de producción esbozado en estas líneas se publica a través de servicios web conformes con las Normas de Ejecución INSPIRE aplicables. En concreto, se va a implementar:

- Servicios de visualización, *Web Map Service* y *Web Map Tiles Service*.
- Servicios de descarga, tanto de objetos geográficos individuales (*Web Feature Service*) como de descarga de conjuntos de datos predefinidos (*Atom*).

Todos ellos conformes con las Normas de Ejecución y reglamentos que establecen los requisitos a cumplir en cuanto a funcionalidad, características y calidad de servicio. Tanto los conjuntos de datos como los servicios estarán convenientemente descritos por metadatos INSPIRE disponibles en el servicio estándar de catálogo (CSW) del IGN y el de la IDEE y, eventualmente, pueden implementarse servicios adicionales de procesamiento (WPS) o equivalentes que ofrezcan funcionalidades SIG de análisis de la información en forma de servicios web.

Actualmente, ya está disponible el servicio WFS de descarga de objetos geográficos de aguas físicas: <http://www.ign.es/wfs-inspire/hidrografia>

3. METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN AUTOMÁTICA

El IGN desde hace años tenía una visión clara de cambiar el sistema productivo de la información de referencia de hidrografía debido a los altos costes de producción mediante restitución analógica y a la necesidad de crear una red tridimensional de alta precisión. El objetivo era obtener una red hidrográfica vectorial lo más exacta posible, objetiva, actualizada en tiempo y generada de la manera más automática posible, junto con el modelo digital de terreno hidrológico coherente y el modelo digital de direcciones asociado, necesarios para este trabajo y útiles además para diversas aplicaciones hidrológicas. El detonante para llevar a cabo este trabajo fue el hecho de disponer de una cobertura completa de datos LiDAR homogénea para toda España y con una densidad de 0,5 puntos/m².

Para llevar a cabo este trabajo, el IGN ha desarrollado, con apoyo técnico de un equipo de la empresa pública Tragsatec, un conjunto de procesos automáticos que son capaces, en primer lugar, de ir corrigiendo en fases sucesivas los modelos digitales del terreno generados a partir de los puntos de suelo del LiDAR (añadir edificaciones, crear modelos de superficie

en las masas de agua, eliminación de puentes, corrección de remontes del terreno), y en segundo lugar, calcular una red hidrográfica vectorial que combine criterios hidrográficos (manteniendo el nacimiento de algunos ríos) y criterios hidrológicos (red calculada por acumulación de flujo).

Antes de poner en marcha la producción se realizó un estudio de viabilidad con la Cuenca del Alto Tajo, la del Mijares y posteriormente con la Cuenca del Guadalquivir. En la primera aproximación metodológica se partió del MDT de 5 metros corregido y depurado del IGN que demostró que la red resultante tenía una buena exactitud en Z, pero las exactitudes en XY no mejoraban, e incluso empeoraban en algunas zonas, respecto de la red BTN25. Tras esta primera fase metodológica, el IGN establece una nueva línea de trabajo que parte de los mismos datos LiDAR pero que genera un MDT con un paso de malla a 2 metros, se plantea la metodología de extracción automática; se desarrollan los procesos; se establece un estudio de viabilidad de diversas zonas de características especiales para comprobar el resultado de la fase metodológica, estableciendo un sistema de medida que permitía contrastar y evaluar los resultados de forma objetiva y se estimaron los tiempos de producción; se aprueba la viabilidad a la vista de los resultados satisfactorios; se monta el sistema productivo y se empieza a procesar de forma masiva para todo el territorio, montando para ello una infraestructura de servidores locales y servidores en la nube con el objetivo de completar el trabajo de extracción automática durante el primer semestre del año 2016.

Para la elección del *software* y herramientas a integrar en la cadena de producción, se hicieron pruebas en distintas fases del trabajo, tanto para la generación de MDT, como para la generación de mosaicos y por último, para procesar los modelos digitales en formato ráster y generar la red vectorial, valorando su integración como parte de procesos productivos y sobre todo a la vista de la calidad de los resultados que ofrecían.

El proceso del cálculo de la Red Hidrográfica Automática (RHA) consiste en obtener el MDT02 a partir de los puntos clasificados como suelo de la nube de puntos LiDAR, corregir el MDT02 para obtener un Modelo Digital Hidrológico (MDH) en el que el agua fluye, calcular para cada píxel la dirección de flujo, determinar un umbral de acumulación para generar la red de acumulación y sumar la red obtenida a partir de las cabeceras de BTN25 para obtener una RHA total (Figura 1).

El procesado hidrológico del MDT consiste en modelar las superficies de agua (embalses, cursos superficiales y lagunas), eliminar obstáculos debidos a vías de comunicación, integrar edificios como obstáculos y eliminar obstáculos debidos a una mala clasificación de los puntos LiDAR. Esta parte del proceso es la más pesada desde el punto de vista del procesamiento.

Junto con el desarrollo de estos procesos automáticos, se ha diseñado una metodología para evaluar de la forma más objetiva posible la calidad posicional de la red vectorial obtenida en distintas pruebas realizadas sobre muestras representativas y además se han ido estimando los tiempos de producción con el objetivo de evaluar la viabilidad de esta metodología automática de producción.

Una vez evaluada la viabilidad se puso en práctica con la producción de la Cuenca del Guadalquivir, con una extensión aproximada de 59 000 km² donde intervinieron algo más de 16 000 ficheros LiDAR. Para ejecutar esta producción masiva se diseñó una metodología de carga y organización de datos y ejecución procesos, donde ha sido clave la configuración del entorno de trabajo (*hardware, software*) y la adaptación de los procesos hidrológicos al elevado volumen de datos. Ha sido necesario subdividir cada cuenca hidrográfica en subcuencas de menos de 2000 kilómetros cuadrados sobre las que se ejecutan los 15 procesos de corrección del MDT para obtener un Modelo Digital Hidrológico (MDH) y de generación de la red hidrográfica a partir del MDH.

Se han generado dos versiones del IGR de Hidrografía en función de la fuente de datos de hidrografía utilizada en cada caso:

- 1) IGR de Hidrografía versión 0, con datos en tres dimensiones de 5 metros de exactitud planimétrica y con el modelo final completamente implementado, tanto el Modelo de Aguas Físicas como el Modelo de Red, generado a partir de los datos de la Base Topográfica Nacional 1:25 000 (BTN25), tanto geometría como atributos. A partir de esa información, se generan los ejes para dar conectividad y continuidad a la red, se generan los objetos superficiales que describen las masas de agua, se dota de continuidad a los elementos por encima de las hojas del MTN25 que atraviesa en el mismo proceso en el que se efectúa la carga en Base de Datos, y se asigna a cada objeto hidrográfico el código único jerárquico (código *Pfafstetter*) definido y gestionado por la Dirección

General del Agua. La generación del grafo planar de hidrografía se efectúa *a posteriori* y de manera periódica. El resultado de este producto se utiliza para ge-



Figura 1. Fases en la producción de la RHA a partir de la nube de puntos LiDAR

nerar la siguiente versión IGR v.1: por un lado, la geometría se utiliza para corregir el MDT y obtener un Modelo Digital Hidrológico (MDH), y los atributos para asignarlos por detección de elementos homólogos (conflación) a la nueva versión. Con esta versión del producto ya se ha generado un servicio WFS de aguas físicas que puede consultarse. Además permite realizar consultas para extraer los ejes completos desde el nacimiento hasta la desembocadura, que hasta ahora no eran posibles. En la Figura 2 pueden verse los ríos principales de España: de primera y segunda categoría con más de 90 km.

- 2) IGR de Hidrografía core versión 1, con datos en tres dimensiones de exactitud planimétrica del orden de 1 metro, que contiene el conjunto esencial de objetos hidrográficos obtenidos de manera semiautomática optimizada, con la máxima resolución alcanzable que permitan los medios disponibles, y sostenible en el tiempo. Se obtiene una Red Hidrográfica Automática (RHA) a partir de los puntos LiDAR disponibles cada 2 m², que sirve para generar un Modelo Digital Hidrológico que a su vez y mediante algoritmos de acumulación de flujo producirá la red. A continuación se aplicarán métodos de conflación de la mencionada RHA con la versión de la IGR de Hidrografía versión 0, para trasladar atributos de la primera y producir así la Red Hidrográfica Básica (RHB).

4. ESTADO ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN

En relación a la producción de la IGR de Hidrografía versión 0, se terminó a finales de 2015 y se ha terminado de cargar en el verano de 2016, una vez realizados los controles y chequeos de calidad necesarios.



Figura 2. Imagen de la versión 0 del IGR de Hidrografía donde se ven los ríos principales

El resultado es un producto de datos tridimensionales con toda los datos provenientes de la BTN25 transformados según un modelo de base de datos conforme a INSPIRE, continua, con objetos superficiales, orientada aguas abajo, con el catálogo de objetos de la BTN25 y los códigos Pfafstetter de la Dirección General del Agua, una exactitud posicional entre 2 y 3 metros y una exactitud vertical mejor que 5 metros.

Los datos de aguas físicas ya están disponibles para descarga a través del siguiente servicio WFS: <http://www.ign.es/wfs-inspire/hidrografia>

En cuanto a la producción de IGR de Hidrografía versión 1, ya se ha realizado todo el procesamiento automático, para ello, ha habido que dividir el territorio Español en unas 300 subzonas (subcuencas) que se han procesado y editado individualmente (Figura 3).

Para la edición de las zonas conflictivas y para la asignación de atributos a la geometría a partir de los datos del IGR v.0, se han realizado dos contrataciones externas. Ya se ha terminado la edición de mitad sur de la península (Tajo, Guadiana, Guadalquivir, Segura y Júcar) y el 50 % del resto cuya finalización prevista es noviembre de 2016. De esta forma y teniendo en cuenta el tiempo necesario para completar las tareas de control de calidad, chequeo de la información, corrección de reparos y carga final en la base de Datos, es previsible que esta primera versión está disponible en diciembre de 2016.

El resultado obtenido es un conjunto de datos de hidrografía en tres dimensiones, orientado aguas abajo, consistente con el Modelo Digital del Terreno de 2 metros de ancho de malla, lo cual es muy importante, con el catálogo de objetos de Hidrografía de la BTN25 y los códigos jerárquicos de la Dirección General del Agua, una exactitud planimétrica entre 2 y 3 metros, y una exactitud altimétrica mejor que 50 centímetros (lo que es muy relevante porque garantiza un trazado muy fiel de la red hidrográfica).



Figura 3. Subcuencas de procesamiento para obtener la RHA a partir del MDT02

5. CONTROLES DE CALIDAD

Se han definido una serie de controles para evaluar la calidad de la IGR de hidrografía, que se han clasificado según los elementos de la norma ISO 19157.

Se trata de un total de 21 controles automáticos: 13 ya se habían definido para el producto BTN25 v.2 y 8 nuevos para poder evaluar la calidad de nuevos elementos, atributos o parámetros de la red hidrográfica.

A continuación se enumeran algunos de los controles a modo de ejemplo:

- Consistencia lógica – consistencia topológica: dentro de todos los objetos hidrográficos superficiales (ríos de doble margen, embalses, lagunas) debe haber un eje ficticio que dé continuidad a la red hidrográfica.
- Consistencia lógica – consistencia conceptual: todos los objetos hidrográficos lineales deben estar orientados en el sentido de las aguas. Para ello se buscan objetos con pendiente negativa.
- Consistencia lógica – consistencia topológica: todos los embalses (superficies) deben de cerrar correctamente con el límite de presa (líneas). La intersección debe ser una línea.
- Compleción – omisión: en la red hidrográfica automática (RHA) obtenida a partir del MDT02 deben estar, al menos, todos los elementos existentes en la BTN25.

Los controles se efectúan ejecutando una serie de procesos desarrollados en entorno Geomedia (Intergaph) e integrados actualmente en el entorno de producción desarrollado en BTN25, de esta manera no se altera el trabajo que se lleva realizando en el IGN en los últimos años y los técnicos siguen aplicando la misma metodología aunque con controles ampliados, garantizando de esta forma que el proceso se lleve a cabo dentro de un entorno de producción controlado.

Muchos de los controles se pasan de manera automática por lo que se revisan el 100% de los elementos, que se muestran al técnico para que los corrija o justifique. El resto de controles que no se pueden automatizar se agrupan en lo que se denomina Control Visual. En función de diversos factores como los requisitos del producto y el número de elementos a revisar, el control de un determinado elemento se lleva a cabo de forma exhaustiva (por ejemplo, la revisión de la omisión o comisión de embalses), o por muestreo (comisión de ríos de quinta categoría), en los que se realiza un muestreo aleatorio simple o estratificado asegurando la representatividad de los mismos. Los elementos resultantes del muestreo (o la totalidad de la tabla en el caso de la revisión exhaustiva), se revisan haciendo uso de diversas fuentes de referencia vectoriales de mayor exactitud y ortofotos. Posteriormente se considera el control apto en función del porcentaje de aceptación establecido en cada caso.

6. CONCLUSIONES

Ante la situación actual en el campo de la información geográfica, en la que los usuarios demandan datos hidrográficos de resolución, calidad y actualización crecientes, y el marco definido por la Directiva INSPIRE, el Instituto Geográfico Nacional está implementando un nuevo proceso de producción de Información Geográfica de Referencia (IGR) de Hidrografía novedoso y revolucionario, basado en automatizar fases muy importantes del proceso de producción, en la rentabilización de las nuevas fuentes de datos disponibles, como el LiDAR, y nuevos algoritmos de proceso y en la colaboración con otros organismos y entidades continuando con la línea de establecer procesos de producción colaborativos que mantiene el IGN en lo que va de siglo XXI.

Este nuevo producto de datos geográficos está basado desde un principio en necesidades reales de usuarios, a las que se les ha prestado especial atención, teniendo en cuenta sus requerimientos, la utilización que van a hacer de ellos y qué impacto iba a tener en sus procesos productivos el suministro de IGR de Hidrografía de alta resolución y calidad.

Por otro lado, el producto de datos geográficos del que estamos hablando es completamente conforme con el marco de finido por la Directiva INSPIRE en cuanto a metadatos, servicios web y muy especialmente en todo lo relativo al contenido de las especificaciones de datos de Hidrografía definidas para conseguir la interoperabilidad de los conjuntos de datos generados.

Hay que hacer notar que la información de Hidrografía que se está produciendo es completamente consistente con los datos de Modelos Digital del Terreno. Este punto es particularmente relevante porque libera a los usuarios que hagan una explotación combinada de ambos productos de todas las tareas de armonización que hasta ahora eran tan costosas cuando era necesario abordarlas y que llegaban a impedir en algunas ocasiones la correcta explotación de los datos. También es relevante que constituirá una descripción de la red hidrográfica de gran riqueza semántica en cuanto a atributos hidrológicos, ya que se ha contado con la colaboración de otros actores, como la Dirección General del Agua.

Por último, hay que recordar que la línea de producción de datos ha tenido en cuenta las necesidades de los dos grandes grupos de aplicación de datos de Hidrografía, los orientados a la representación gráfica de la información para su análisis visual y como base cartográfica para la elaboración de otros productos cartográficos y las aplicaciones de análisis SIG.

El Instituto Geográfico Nacional y los organismos que colaboran en este proyecto está realizando un notable esfuerzo para mantener sus líneas de producción y compromisos habituales al mismo tiempo que esté realizando esta auténtica revolución tecnológica en la producción de datos de referencia que creemos redundará en beneficio de todos sus usuarios y de la sociedad en general.

REFERENCIAS

Data Specification on Hydrography (2014) - Technical Guidelines v.3.1, publicadas por el Joint Research Center. Recuperado de: http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_HY_v3.1.pdf

DIRECTIVA 2007/2/ce (2007) del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de marzo de 2007, publicada en el Diario Oficial de la UE (DOUE) el 25 de abril de 2007 INSPIRE.

Ley 14/2010 (2010), de 5 de julio, sobre las infraestructuras y

los servicios de información geográfica en España (LISIGE). Reglamento de la Comisión (EU) 1089/2010 (2010) de 23 de noviembre de 2010 que implementa la Directiva 2007/2/EC del Parlamento Europeo y el Consejo Europeos relativo a la interoperabilidad de datos espaciales y servicios.

Sevilla, C., Núñez, E., Valcárcel, N., Delgado, J., Martín-Asín, G., de las Cuevas, A., Villalón, M., Rodríguez, A.F. y Sánchez, J. (2016). Generación de IGR de Hidrografía: estado actual de producción. Revista Mapping Vol. 25. N°176. ISSN 1131-9100 (pp. 58-64).

Sobre los autores

Celia Sevilla Sánchez

Ingeniera Técnica en Topografía del IGN desde el año 2000 e Ingeniera Geógrafa desde 2004. Jefa de Área de Proyectos Internacionales del CNIG, responsable del SignA y de la Información Geográfica de Referencia de Hidrografía del IGN. Secretaria del Comité Técnico de Normalización de Información Geográfica CTN/AEN148 y delegada del ISO/TC211, tutora y coordinadora del curso de SIG on line, participación en el proyecto España Virtual, perteneciente al grupo de expertos en calidad de Eurogeographics, intercambio de 4 meses con el Reino Unido en el Ordnance Survey, etc.

Eduardo Núñez Maderal

Ingeniero Geógrafo del IGN desde 2006. Jefe de Servicio de la Subdirección General de Geodesia y Cartografía coordinando diversos proyectos de producción de información geográfica y cartografía básica y responsable de la Información Geográfica de Referencia de Poblaciones. De 2001 a 2005, Ingeniero Técnico en Topografía del IGN en el Servicio de Gravimetría Absoluta. Ingeniero en Geodesia y Cartografía (Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Jaén, 2000). Ingeniero Técnico en Topografía (Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Salamanca, 1996).

Nuria Valcárcel Sanz

Ingeniera Geógrafa del IGN desde 2003. Jefa de Área en la unidad de Observatorio del IGN, ha participado en los proyectos del Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOA y PNT), siendo responsable de los proyectos SIOSE y Corine Land Cover sobre Ocupación del Suelo en España. Miembro del INSPIRE DS Team on Land Cover, responsable del NRC on Land Cover, Land Use and Spatial Planning de la Red Eionet en España, y de varios grupos

de trabajo relativos al programa europeo Copernicus, y Grupo de Expertos de Naciones Unidas en Gestión de Información Geoespacial (UN GGIM).

Julián Delgado Hernández

Ingeniero Geógrafo del IGN, 2008. Jefe de Servicio de Desarrollo Apoyo Informático de la Subdirección General de Geodesia y Cartografía. Miembro del WG6 de ISO/TC211 y AENOR CTN 148, secretario del grupo de trabajo de Ocupación del Suelo CODIIGE, participación en los grupos CODIIGE de Hidrografía, Ortoimágenes y Elevaciones, tutor de curso online IGN/CNIG sobre Observación del Territorio, experto INSPIRE en el TWG Land Use, participación en iniciativas internacionales MIRACLE, HELM, HLANDATA, EIONET EAGLE Group, EuroGeographics INSPIRE KEN y EuroSDR.

Gema Martín-Asín López

Ingeniera Técnica en Topografía del IGN desde el año 1989 e Ingeniera en Geodesia y Cartografía por la Universidad de Alcalá de Henares (Madrid). Desde el año 2005, Jefa de Servicio de la Base Topográfica Nacional a escala 1:25 000 del IGN (BTN25).

Miguel Villalón Esquinas

Ingeniero Técnico en Topografía del IGN desde el año 2008 e Ingeniero en Geodesia y Cartografía por la Universidad Politécnica de Madrid. Jefe de Sección del CNIG. Actualmente participa en el proyecto SignA y en la producción de la IGR de Hidrografía. Tutor de los cursos de SIG on line y experiencia en varios proyectos de SIG.

Jaime Sánchez Fanjul

Ingeniero Técnico en Topografía y Máster en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica por la Universidad de Oviedo. Becario de formación en el CNIG, colaborando en el SignA y en la IGR de Hidrografía.



11as
Jornadas
SIG libre

1 - 2
de junio
2017

Universitat de Girona
Servei de Sistemes d'Informació
Geogràfica i Teledetecció

Girona

Implementación de servicios SOS y clientes web para gestión inteligente de recursos hidráulicos. Proyecto GeoSmartCity

REVISTA **MAPPING**
Vol. 26, 181, 32-39
enero-febrero 2017
ISSN: 1131-9100

Implementing SOS Services and Web clients for intelligent management of water resources. GeoSmartCity Project

Juan Luis Cardoso⁽¹⁾, Álvaro Huarte⁽²⁾, Garazi Lacunza⁽³⁾, Iván Pérez⁽⁴⁾, María Cabello⁽⁵⁾

Resumen

Este resumen describe la experiencia desarrollada en el marco del proyecto GeoSmartCity (<http://www.geosmartcity.eu>), que ha consistido en la realización de un piloto web para la gestión inteligente de la red de abastecimiento de la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona.

El proyecto pretende ayudar a los administradores de la red a contrastar y analizar la información que ofrecen los sensores de la red hidráulica registrados en un sistema SCADA y los datos simulados de su correspondiente red EPANET.

Esa información es procesada y ofrecida a través de un servicio web conforme a los estándares SOS (Sensor Observation Service), basado en la tecnología open source de 52°North SOS (<https://github.com/52North/SOS>). Para ello ha sido necesario el desarrollo de nueva funcionalidad en dicho servicio, implementando un mecanismo para el acoplamiento al vuelo de nuevas fuentes de datos (Sensores y datos observados). Se han implementado también la integración de los sensores registrados en el SCADA y de los datos hidráulicos calculados en la simulación de su correspondiente red EPANET.

Para explotar adecuadamente esa información desde un visualizador web de mapas, se ha implementado una nueva librería JavaScript que cumple con el estándar SOS 2.0. Haciendo sencilla su posible extensión para integrarse con cualquier API de desarrollo web ya que ha sido desarrollada con una arquitectura más modular y agnóstica que la existente. Además, se ha desarrollado la extensión para su utilización con OpenLayers 3.

El paso final ha consistido en el desarrollo de una aplicación web, utilizando los componentes descritos anteriormente, que permite a los gestores de la Mancomunidad controlar y monitorizar el estado de la red de Abastecimiento y comparar los datos en tiempo real con valores de simulación y valores históricos. Para su desarrollo se ha utilizado el API SITNA (<http://sitna.navarra.es/geoportal/recursos/api.aspx>).

Abstract

This abstract summarizes the experience developed under GeoSmartCity project (<http://www.geosmartcity.eu>), which consisted of conducting a Web pilot for the intelligent management of the supply network of the Federation of the County of Pamplona Councils

The project publishes a Web service according to the SOS (Sensor Observation Service) standards, based on 52° North SOS (<https://github.com/52North/SOS>), open source technology and aims to integrate hydraulic network sensors registered in an SCADA system and simulate data of its corresponding EPANET network.

The project has required the development of new functionality in 52° North SOS service, implementing a mechanism of "plugins" for connecting on-the-flight new data sources (Sensors and observed data). In addition, two new "plugins" have been also implemented, for the integration of sensors recorded in the SCADA and from hydraulic data calculated in the simulation of corresponding EPANET network. This functionality allows the user to contrast and analyze the information provided by those resources.

In order to properly exploit this data from a Web map viewer a new JavaScript library has been developed. This API (<https://github.com/GeoSmartCity-CIP/gsc-sos.js>) implements SOS 2.0 version and has been designed with a more modular and flexible architecture. New API allows an easy extension to be used with any kind of Web mapping API (OpenLayers, ESRI, Leaflet, etc.). And in this case, we have extended it to be used with OpenLayers 3.

The final step has been the development of a pilot Web application that allows Federation managers to control and monitor the status of the supply network and compare real-time data with data obtained from a simulation and from historical values. API SITNA (<http://sitna.navarra.es/geoportal/recursos/api.aspx>) has been used for this development.

Palabras clave: GeoSmartCity, Smart Cities, SOS (Sensor Observation Service), 52°North, API SITNA, OpenLayers, EPANET, SCADA, Utilities, Red de Abastecimiento, Agua.

Keywords: GeoSmartCity, SmartCity, 52°North, SOS (Sensor Observation Service), API, EPANET, SCADA.

Sistema de Información Territorial. Tracasa

⁽¹⁾jcardoso@tracasa.es, ⁽²⁾ahuarte@tracasa.es, ⁽⁴⁾iperez@tracasa.es

Sistema de Información Territorial. Tracasa Instrumental

⁽³⁾glacunza@itracasa.es

Área Comercial y Consultoría. Tracasa

⁽⁵⁾mcabello@tracasa.es

Recepción 05/12/2016
Aprobación 11/01/2017

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto **GeoSmartCity** (2016) (open geo-data for innovative services and user applications towards Smart Cities) tiene como objetivo establecer una multi-plataforma capaz de integrar información geográfica de procedencia diversa (local, europea, crowdsourcing,...) mediante estándares abiertos y en el marco de los escenarios de Smart City:

- **Green Energy:** apoyando la toma de decisiones en el ámbito público relacionado con la energía (consumo energético a nivel de edificios, movilidad,...)
- **Underground:** apoyando la gestión integrada de las infraestructuras subterráneas de servicio público a nivel local.

GeoSmartCity es un proyecto financiado por el programa «Competitive and innovation framework – CIP» de la Comisión Europea y pone en contexto y prueba dicha plataforma en el marco de once casos piloto.

El caso piloto «Comarca de Pamplona» implementa el espíritu de dicha plataforma en la entidad local «**Mancomunidad de la Comarca de Pamplona**», en adelante **MCP** (2016), mediante la explotación de diversos recursos hídricos de esta organización.

La **MCP** (www.mcp.es) es una entidad local compuesta por 50 municipios de Navarra (España), el mayor de los cuales es Pamplona, que es también el centro geográfico de la mancomunidad. La mayor parte de sus integrantes son considerados parte del Área metropolitana de Pamplona.

Este caso piloto implementa un servicio web tipo **SOS (Sensor Observation Service)** (2012) para facilitar la gestión inteligente de la red hidráulica de abastecimiento de la **MCP**.



Figura 1. Proyecto GeoSmartCity: www.geosmartcity.eu



Figura 2. Logo de la Mancomunidad de la Comarca de Pamplona

El reto del proyecto es integrar los sensores físicos existentes en la red hidráulica, los datos obtenidos en la simulación de la red con modelos matemáticos, y geoinformación específica de la organización. Y todo ello conforme a los estándares. El usuario con este despliegue podrá analizar de forma ágil el estado actual de los recursos hídricos, la validez de sus simulaciones matemáticas y el comportamiento de la red ante cambios en su configuración operacional (nuevos consumos, nuevos elementos, fallos/roturas,...). Para ello se ha desarrollado una aplicación piloto Web que permite que permite a los gestores de la Mancomunidad controlar y monitorizar el estado de la red de Abastecimiento y comparar los datos en tiempo real con valores de simulación y valores históricos.

2. ESTÁNDAR SOS – SENSOR OBSERVATION SERVICE

La especificación oficial define el propósito de este estándar como:

«The SOS standard is applicable to use cases in which sensor data needs to be managed in an interoperable way. This standard defines a Web service interface which allows querying observations, sensor metadata, as well as representations of observed features. Further, this standard defines means to register new sensors and to remove existing ones. Also, it defines operations to insert new sensor observations. This standard defines this functionality in a binding independent way; two bindings are specified in this document: a KVP binding and a SOAP binding».

El estándar especifica el modelo de datos de objetos «sensor» que proveen valores de una determinada magnitud, y de los metadatos que describen las observaciones realizadas. Los sensores suelen monitorizar en el tiempo los datos observados.

El objetivo de **SOS** es proveer acceso a observaciones realizadas por sensores y sistemas de sensores de una forma estándar, incluyendo sensores remotos, in-situ, fijos

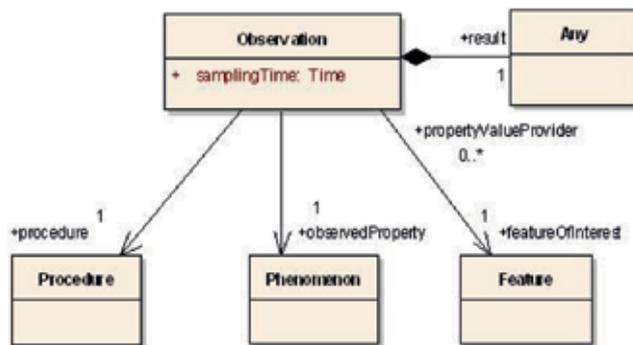


Figura 3. Modelo básico de una observación

y móviles. **SOS** utiliza la especificación «Observation and Measurements» (O&M) para modelar las observaciones de los sensores y «TransducerML» y «SensorML» para modelar los sensores y sistemas de sensores.

Una observación podría ser definida como el acto de observar un fenómeno. Una medida es una observación especializada cuyo resultado es un valor numérico.

El modelo básico de observación contiene cinco elementos. El objeto «procedure» apuntaría a un procedimiento (normalmente un sensor) que produce el valor de la observación. El elemento «observedProperty» hace referencia al fenómeno que fue observado. La entidad «featureOfInterest» se refiere al objeto del mundo real al que pertenece la observación. El atributo «samplingTime» indica el momento en que se efectuó la observación. Finalmente el valor de la observación está contenido en el elemento «result»

La observación actúa como un proveedor de valores de una propiedad: provee un valor (p. ej. 27° Celsius) para una determinada propiedad (p. ej. Temperatura) en un determinado «featureOfInterest» (p. ej. Estación meteorológica) y para un cierto intervalo de tiempo. La localización a la que pertenece la observación está referenciada indirectamente por la geometría de la «featureOfInterest».

Los sensores pueden monitorizar magnitudes físicas como la temperatura, caudal, apertura de una válvula... o incluso eventos como el registro de una incidencia desde un teléfono móvil, el estado operacional de un vehículo dentro de una flota, la cantidad disponible de un producto...

Al consumidor de datos de sensores le interesa obtener las observaciones de uno o más sensores. Esto puede realizarse desde dos puntos de vista. Desde el punto de vista centrado en el sensor, donde el consumidor ya conoce la existencia de una serie de sensores y desea obtener sus observaciones. O desde el punto de vista centrado en la observación, donde al consumidor le interesa obtener las observaciones de un área geográfica particular sin que, a priori, tenga importancia de qué sensores en particular provienen los datos.

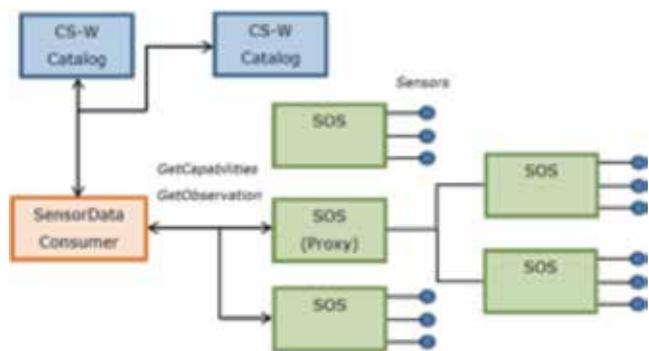


Figura 4. Consumidor de datos de un sensor

La siguiente figura muestra el consumidor de datos de sensor en un contexto operacional con catálogos OGC CS-W para la búsqueda de instancias SOS. Además se muestran instancias de servicios SOS con ofertas de sensores y observaciones. Los servicios se pueden organizar en topologías complejas usando la agregación u otras técnicas, pero todo esto es transparente para el consumidor. El consumidor solo necesita tratar con registros e interfaces de servicio.

En cualquier caso, el consumidor realizaría una búsqueda, normalmente mediante un servicio de catálogo, para descubrir las instancias de los servicios SOS que pueden proveer las observaciones deseadas. Después de esta primera búsqueda el consumidor podría obtener las observaciones directamente desde los servicios o podría realizar nuevas búsquedas a nivel de servicio para obtener los metadatos de los sensores antes de obtener las observaciones de éstos. Las búsquedas a nivel de servicio suponen la invocación de la operación «GetCapabilities» que devuelve información de las ofertas de cada servicio SOS. La obtención de los metadatos de un sensor precisa de la invocación de la operación «DescribeSensor». Finalmente, el consumidor invoca la operación «GetObservation» para obtener los valores de las observaciones deseadas.

3. INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA DEL PROYECTO

La Mancomunidad de la Comarca de Pamplona (MCP) gestiona los servicios públicos del agua (abastecimiento y saneamiento), recogida y tratamiento de los residuos urbanos, el transporte urbano comarcal, el servicio de taxi y el Parque Fluvial de la Comarca, atendiendo a una población de aproximadamente 350 000 habitantes.

La **MCP** dispone de un sistema de sensores físicos que monitorizan el estado de sus redes hidráulicas. Estos sensores están registrados en una plataforma **SCADA** (2016) donde se almacenan los valores observados y el instante en el que se registraron.

La plataforma **SCADA** gestiona el histórico de los datos enviados por los sensores, añadiendo nuevos valores según su correspondiente frecuencia de actualización de datos. En nuestro caso los sensores integrados envían nuevos valores cada aproximadamente cinco minutos creciendo el volumen de datos de forma lineal con el tiempo. Como se puede entrever, el volumen de registros almacenados es muy elevado y es por ello del uso de estas plataformas **SCADA** para su gestión. Este hecho ha sido determinante en la concepción de la arquitectura software a implementar y que se describirá posteriormente.

La organización tiene instalados en la red de abastecimiento un completo conjunto de sensores pero para nuestro caso piloto sólo se han considerado los de tipo «Clorímetro» y «Caudalímetro» que miden respectivamente la concentración de cloro y el caudal de agua de los puntos de la red donde estos elementos se encuentran instalados.

De forma paralela, la MCP ha desarrollado varios modelos EPANET (2016) que describen matemáticamente sus redes hidráulicas. Estos modelos definen todos los elementos físicos de la red (tuberías, válvulas, bombas, depósitos,...) y sus respectivas configuraciones operacionales (consumos, niveles de depósitos, curvas de bombeo, calibraciones de válvulas,...). Para este caso piloto sólo se ha tenido en cuenta un modelo simplificado con alrededor de 15 000 elementos y con una configuración operacional típica de los meses de verano.

El reto del proyecto ha sido integrar los sensores registrados en la plataforma SCADA, los datos simulados de la red EPANET, y geoinformación específica de la organización. Y todo ello conforme a los estándares. El técnico puede analizar en sus herramientas cliente el estado actual de los recursos hídricos, la validez de sus simulaciones matemáticas y el comportamiento de la red ante cambios en su configuración operacional (nuevos consumos, nuevos elementos, fallos/roturas,...).

4. ARQUITECTURA SOFTWARE DEL PROYECTO

El proyecto utiliza como *software back-end* un servicio web SOS basado en tecnología *opensource* de 52°North. (<http://52north.org/communities/sensorweb/sos/index.html>)

La siguiente figura muestra la arquitectura adoptada:

52°North (2016) es una organización que aglutina una red de *partners* desde ámbitos relacionados con la investigación, industria y administraciones públicas y cuyo



Figura 5. Diagrama de arquitectura del proyecto

principal propósito es el fomento de la innovación en el campo de la geo-información.

La implementación del servicio SOS ha sido desarrollada bajo el marco de esta organización y su código fuente se provee gratuitamente (github, 2016) bajo licencia GNU (2017).

En internet hay disponible un servicio SOS demo para familiarizarse con la tecnología:

<http://sensorweb.demo.52north.org/sensorweb-testbed/>

Invocando su «GetCapabilities»...

<http://sensorweb.demo.52north.org/sensorweb-testbed/sos?service=SOS&request=GetCapabilities>

... se pueden observar los metadatos («procedure», «featureOfInterest», «offering», «observedProperty»,...) de los objetos sensor y observación que el servicio provee. También se indican las capacidades de filtrado de datos en base a criterios espaciales, temporales, por identificador...

5. INTEGRACIÓN DE DATOS SCADA Y EPANET EN 52°NORTH SOS

El núcleo de la solución es un servicio SOS que implementa un mecanismo de «plugins» para integrar los sensores de la plataforma SCADA, y los resultados de simulación de modelos EPANET.

El servicio SOS de 52°North almacena toda la información de los sensores y observaciones en una base de datos propia y con un esquema de datos específico. En nuestro caso piloto la base de datos de configuración es una PostgreSQL/PostGIS pero están soportados otros proveedores (SQL Server y Oracle). El proceso de registrar los sensores, las observaciones, y las medidas de esas observaciones puede ser invocado con el interfaz REST que el servicio ofrece.

Como se ha comentado anteriormente, el volumen de datos almacenado en una plataforma SCADA puede ser, y lo es, muy elevado. El sistema almacena cientos de miles de registros; cada sensor emite un par «valor-instante» con una frecuencia determinada (p. ej. Cinco minutos) que se graba a la base de datos interna (SQL Server en nuestro caso). El volumen de información por tanto va creciendo con el tiempo y tarde o temprano nos tendremos que pelear con ese buen «big-set» de datos.

Por otra parte, el servicio cachea en RAM mucha de la información registrada en la base de datos para de esta forma optimizar la respuesta a las peticiones web solicitadas. El servicio implementa internamente unos procesos de sincronización automática entre la base de datos y esa

caché. Ante un gran conjunto de objetos (las redes **EPANET** pueden aportar cientos de miles de ellos) y/o objetos con millones de observaciones (el caso de la plataforma **SCADA**), nos damos cuenta de los requerimientos hardware-RAM que se establecerían en un despliegue en producción.

La réplica de datos no es un problema grave, pero realmente la organización ya costea el alojamiento de esa información en una base de datos existente. No parece ser la mejor idea replicar de nuevo la información, y mantenerla sincronizada, si ello no es estrictamente necesario. El segundo aspecto es más problemático, la gestión de la caché sí que puede provocar la necesidad de grandes recursos hardware, y por tanto costes, o incluso llegar a ser inabordables.

El proyecto finalmente adopta una solución innovadora que fije los dos problemas: **Implementar en el software original la capacidad de inyectar datos «al vuelo» desde «plugins» externos al núcleo del servicio.** Este desarrollo ha requerido cambiar el comportamiento actual de la caché interna de datos, de definir un conjunto de interfaces que se integren en los procesos que maneja la caché, y del desarrollo de «plugins» implementando estos interfaces para la inyección de sus propios datos. Y todo transparente al comportamiento actual del servicio y por supuesto a las aplicaciones cliente.

Es importante resaltar que la inyección complementa los datos registrados en el servicio de forma habitual, el resultado puede contener registros de la base de datos central, y registros de cada uno de los «plugins» instalados.



Figura 6. Pull merged: https://github.com/52North/SOS/tree/feature/dynamic_observable_objects

El proyecto siempre ha pretendido respetar la filosofía colaborativa de **GeoSmartCity** y **52°North** y todo el desarrollo implementado ha querido ser ofrecido a la comunidad de forma gratuita. El código finalmente ha sido integrado en una rama específica del repositorio del proyecto de **52°North SOS**:

https://github.com/52North/SOS/tree/feature/dynamic_observable_objects

En la siguiente imagen se muestra el «pull request» al repositorio de **52°North SOS** con todo el código implementado:

El desarrollo se puede dividir en dos partes complementarias. Una primera parte con las modificaciones necesarias en el core del servicio para soportar la inyección al vuelo de datos. Y un segundo paso, el desarrollo de los «plugins» en sí mismos, uno para cada fuente de datos a integrar (**SCADA** y **EPANET**), que inyectan temporalmente su propia información.

El software define un nuevo interfaz que ofrece la posibilidad de invocar esta inyección de datos y que puede ser de nuevo reutilizado en la implementación de otras fuentes de datos. Las extensiones de **SCADA** y **EPANET** son simples casos de uso. También se ha desarrollado un paquete java con clases de utilidad para facilitar esta integración y que las dos nuevas extensiones utilizan.

5.1. Extensión SCADA para 52°North SOS

Este «plugin» es el responsable de inyectar los datos que la plataforma **SCADA** gestiona. En nuestro caso piloto la plataforma es una solución **Wonderware** (2016) con su propio esquema de datos y que corre contra una base de datos SQL Server.

La extensión es sencilla, ejecuta consultas SQL a las tablas de la base de datos conforme a los criterios especificados en la petición web original. El componente integra los registros que cumplen esos filtros de entrada como objetos normales **SOS**. El resultado respeta el comportamiento actual del servicio, pero inyecta de forma temporal sólo lo requerido por la petición web de entrada.

El mapeo del modelo de datos **Wonderware** a objetos conforme al estándar **SOS** es sencillo; cada sensor físico registrado se corresponde con un objeto «offering» con un método o «procedure» que contiene una determinada «observedProperty». El objeto «featureOfInterest» que da la componente geográfica al sensor se establece por configuración en un **shapefile** (2016) con sus geometrías relacionadas por clave. Es posible el uso de otros formatos geográficos pues el software utiliza la librería opensource **GeoTools** (2016) que soporta muchos otros.

Por ejemplo, ante una petición «GetObservation» de un objeto sensor SCADA:

La respuesta que se obtiene cumple como se espera



Figura 7. Petición «GetObservation» de un objeto sensor SCADA

el estándar SOS:

Las observaciones del sensor físico son mapeadas como series temporales instante+valor y contienen los registros «históricos» y el último valor o «live» de la propiedad observada. Como la extensión utiliza los filtros espaciales y temporales de la petición web original, se puede dar el caso de que el dato «live» no se incluya en la respuesta, o incluso no haya datos que devolver.

Para evitar que la petición cree una respuesta web con demasiados registros, es posible establecer por configuración un valor máximo de entidades a devolver. Hay que tener en cuenta que la aplicación cliente podría pedir todas las observaciones de un sensor, o especificar un filtro muy vago de tiempo, y el servicio podría tener que devolver cientos de miles de registros en una respuesta XML. No es necesario decir qué sucede con eso.

5.2. Extensión EPANET para 52°North SOS

Este «plugin» es el responsable de inyectar una red hidráulica modelizada en **EPANET** y los resultados de su simulación mediante los algoritmos matemáticos de este modelo. La extensión soporta tantas redes como se desee y el punto de partida de cada uno de ellas es el conocido



Figura 8. Parte de la respuesta del servicio SOS al «GetObservation» de un objeto

fichero **INP** con todos los datos geométricos y operacionales de los objetos de la red.

El componente carga y resuelve de forma automática las redes que se configuran integrando sus datos y resultados como un conjunto de sensores-observaciones **SOS**. El proceso genera por cada modelo **INP** de entrada una base de datos interna en formato **Spatialite** (2016) con los datos a inyectar finalmente en el servicio.

Cada uno de los elementos de la red se mapea a un grupo de objetos «*offering*», «*procedure*», «*featureOfInterest*» y un conjunto de «*observedProperties*». Por ejemplo, una tubería se mapea como un sensor «virtual» que aporta sus variables hidráulicas resueltas de la simulación (presión, caudal, calidad de agua, pérdidas unitarias,...) como «*observedProperties*». Los demás tipos de objetos aportan sus propios atributos y se puede consultar la documentación de EPANET para averiguar cuáles son.

6. LIBRERÍA GSC-SOS.JS

Una vez creados y configurados los servicios que nos facilitan el acceso a los datos a través del estándar SOS. El siguiente paso es el de explotar adecuadamente esa información desde un visualizador genérico web de mapas. Para ello, en el marco del proyecto se ha implementado una nueva librería en JavaScript que cumple con el estándar SOS 2.0 y que ha sido desarrollada con una arquitectura más modular y agnóstica que la actualmente ofrecida por 52°North (pensada para SOS 1.0 y **OpenLayers 2** (2016)), haciendo sencilla su posible extensión para integrarse con cualquier API de desarrollo web.

Además en el marco de este proyecto se ha desarrollado la extensión para su utilización con OpenLayers 3 (2016).

Tanto el código fuente y el acceso a los test están disponibles en <https://github.com/GeoSmartCity-CIP/gsc-sos.js>

7. PILOTO WEB

El paso final del proyecto ha consistido en el desarrollo de una aplicación web, utilizando todos los componentes descritos anteriormente, que permite a los gestores de la Mancomunidad controlar y monitorizar el estado de la red de Abastecimiento y comparar los datos en tiempo real con valores de simulación y valores históricos.

Para la realización de esta web se ha utilizado el **API SITNA** (2016), librería JavaScript basada en OpenLayers 3 que facilita el desarrollo de clientes web de mapas.

El piloto muestra un control de capas de información geográfica que permite visualizar o no la siguiente información:

- Red de sensores SCADA, compuesta de clorímetros y caudalímetros
- Red EPANET, red de abastecimiento de la MCP
- Red de Abastecimiento y Saneamiento según el modelo INSPIRE para el proyecto GeoSmartCity.

A continuación se muestran dos imágenes con ejemplos de la funcionalidad más destacada.

En el primer caso podemos elegir la propiedad observada, seleccionando uno de los valores en el desplegable «*sensor observation*». En este caso se ha seleccionado el flujo o caudal de agua que pasa por un punto. Como resultado la aplicación nos muestra dicha información en el mapa para todos los sensores de la red que miden la propiedad seleccionada.

Otro tipo de consultas que se pueden realizar es clicando en un punto del mapa y obteniendo toda la información que miden en ese punto. Esta consulta es parametrizable entre dos fechas y nos devuelve los valores recogidos cada hora. La información resultante es mostrada en modo tabla y modo gráfica, siendo además descargable en formato Excel.



Figura 9. Información en tiempo real el flujo de agua (litros/segundo) que circula por la red

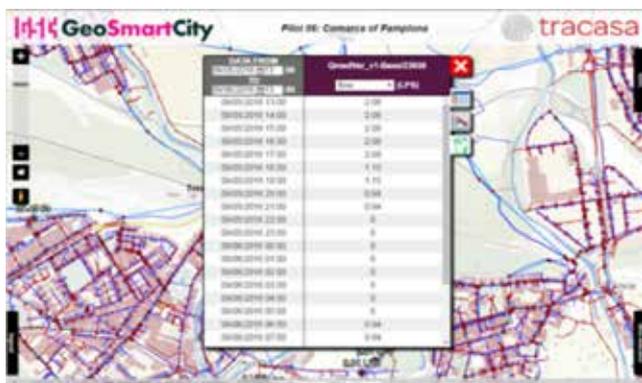


Figura 10. Información del flujo de agua que pasa por un punto cada hora entre dos fechas

8. FUTUROS TRABAJOS

Queda pendiente la implementación de mecanismos o alertas para que el usuario pueda notificar cambios en la red hidráulica (cambios en las calibraciones de los elementos, roturas o cortes, alta de nuevos objetos) y presentar en la aplicación cliente un nuevo conjunto de resultados de simulación de la red **EPANET**. Dichos procesos se ejecutarán basándose en peticiones y rutinas de tipo WPS y ofrecerán al usuario una potente herramienta para la simulación y análisis de los recursos hidráulicos de que dispone.

Es posible también la integración de otros tipos de modelos hidráulicos, **HEC-RAS** (2016) o **SWMM** (2016) que proporcionarían un completo «framework» para la gestión de recursos hídricos conforme al estándar **SOS**.

AGRADECIMIENTOS

A **GeoSmartCity** por dar soporte y financiación a la iniciativa.

A la **Mancomunidad de la Comarca de Pamplona** por colaborar activamente en el desarrollo del proyecto piloto. Por proporcionar las redes y modelos hidráulicos, y al soporte para encaminarnos correctamente por estas tecnologías. Especial agradecimiento a Javier Lerga y Jokin Egüés.

A **52° North** por el software desarrollado y por ofrecerlo gratuitamente a la comunidad. Y al apoyo de sus técnicos para la integración final de este desarrollo en el proyecto.

A **Tracasa**, y los compañeros y colaboradores en el proyecto; Álvaro Huarte, Carlos Sabando, María Cabello, Raúl Orduna, Javier Ruiz, José Luis Hernández, Garazi Lacunza e Iván Pérez. Sin ellos no hubiera sido posible la integración final de tantas partes heterogéneas del proyecto.

Y a todos ellos por su apoyo a la innovación y a su impulso para la creación de proyectos para beneficio común de la sociedad.

REFERENCIAS

52°North (2016). Recuperado de: <http://52north.org/>
 API SITNA (2016). Recuperado de: <http://sitna.navarra.es/geoportal/recursos/api.aspx>
 EPANET (2016). Recuperado de: <https://www.epa.gov/water-research/epanet>
 GeoSmartCity (2016). Recuperado de: <http://www.geosmartcity.eu/>
 GeoTools (2016). Recuperado de: <http://www.geotools.org/>

HEC-RAS (2016). Recuperado de: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
Licencia GNU (2017): https://es.wikipedia.org/wiki/GNU_General_Public_License
MCP (2016). Recuperado de: <http://www.mcp.es/>
OpenLayers (2016). Recuperado de: <http://openlayers.org/>
Repo github del servicio 52°North SOS (2016). Recuperado de: <https://github.com/52North/SOS>
SCADA (2016). Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/SCADA>

Sensor Observation Service (2012). Recuperado de: <http://www.opengeospatial.org/standards/sos>
Shapefile (2016). Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Shapefile>
SpatialLite (2016). Recuperado de: <http://www.gaia-gis.it/gaia-sins/>
SWMM (2016). Recuperado de: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>
Wonderware (2016). Recuperado de: <http://software.schneider-electric.com/wonderware/>

Sobre el autor

Juan Luis Cardoso

Ingeniero Informático, con certificaciones como PMP y Scrum Master. 20 años de experiencia en proyectos de software y desde 2002 trabajando en tecnología GIS. Actualmente es miembro del equipo GeoWeb de Tracasa desempeñando labores de Scrum Master, jefe de proyectos, responsable técnico y consultor en proyectos GIS de ámbito nacional e internacional. Experto en aplicaciones de Web Mapping para Infraestructuras de Datos Espaciales conformes con INSPIRE y estándares OGC. También participa en la Implementación Técnica de INSPIRE como miembro del Grupo de Trabajo Técnico de Arquitectura, Normas y Servicios en Red de la IDE Nacional Española.

Álvaro Huarte

Ingeniero Industrial, apasionado de la informática y la innovación. Desde 1999 en TRACASA trabajando en el desarrollo de aplicaciones informáticas relacionadas con la tecnología GIS. Experto conocimiento en la implementación de herramientas desktop, servicios WEB y clientes WEB mapping, tanto sobre software privativo como opensource. Tiene contrastable experiencia en el uso de diferentes entornos y frameworks base (.NET, Java/JRE, C++ Qt), componentes CAD/GIS (GDAL-OGR, GeoTools, ArcObjects ESRI, FME, MDL Microstation, ADS/ARX AutoCAD) y en la implementación de suites de herramientas para la comunidad (Geobide). Es un colaborador activo en el desarrollo de "fixes" y nuevos "features" de proyectos opensource de reconocido prestigio (QGIS, GeoServer, 52°North SOS).

Garazi Lacunza

Técnica superior en Ingeniería de Software. Cuenta

con más de 10 años de experiencia en el desarrollo de software, 3 de los cuales trabajando en la implementación y análisis en proyectos de I+D. Especialista en desarrollo Front-End Web, cuenta con experiencia trabajando en proyectos de desarrollo aplicando marcos de trabajo y metodologías como Scrum y CMMI. Desde 2014 especializada en el desarrollo de clientes webmapping conforme a estándares OGC e Infraestructuras de Datos Espaciales. Actualmente integrante del equipo de desarrollo de IDENA.

Iván Pérez

Arquitecto de software y experto en UX. Cuenta con más de 12 años de experiencia en el sector del desarrollo del software, y trabaja desde 2011 en proyectos de software con tecnología GIS. Al cargo del diseño y desarrollo web de IDEs utilizando servicios estándar OGC a través de APIs de desarrollo tales como Leaflet, OpenLayers y ARCGIS API.

María Cabello

Consultora y Directora de Proyectos Europeos en TRACASA. PMP. Cuenta con más de 30 años de experiencia profesional, de los cuales, más de 20 han sido en proyectos de Información Geográfica con Tracasa. Los últimos 12 años ha estado a cargo de los proyectos Europeos, representando a la empresa en Europa y participando en diferentes eventos y actividades a nivel mundial. Participa en diversos grupos de trabajo relacionados con temas SIG (SITNA, IDEE, Grupo de expertos INSPIRE) y de normalización de información geográfica digital y Ciudades Inteligentes (AENOR, INSPIRE, ISO). En la actualidad coordina los proyectos europeos "Geosmartcity" y PyrenEOS", y participa como consultora en el desarrollo de la iniciativa "Navarra Smart".

MAPPING



EN NUESTRA PÁGINA WEB PODRÁ ENCONTRAR:

Artículos técnicos

Boletines informativos

Números anteriores de la **Revista MAPPING**

Comunidad Científica

Y mucho **más**

Conéctese a nuestros canales de las Redes Sociales

 **Facebook**
<https://www.facebook.com/mapping.interactivo>

 **LinkedIn**
<https://www.linkedin.com/nhome/>

 **Twitter**
<https://twitter.com/MappingInteract>

 **Youtube**
<http://www.youtube.com/>

MAPPING INTERACTIVO

 91 006 72 23

 655 95 98 69 / 638 71 89 34

 C/ Arrastraria 21. Oficina 8. Edificio A
Madrid 28022
España

 www.mappinginteractivo.es

Open City Toolkit: el rol de las ciencias geoespaciales para la realización de ciudades abiertas y participativas

Open City Toolkit: the role of geospatial science in making open and participative cities

Sergio Trilles⁽¹⁾, Carlos Granell⁽²⁾, Auriol Degbelo⁽³⁾, Devanjan Bhattacharya⁽⁴⁾

REVISTA **MAPPING**
Vol. 26, 181, 42-50
enero-febrero 2017
ISSN: 1131-9100

Resumen

En la literatura se distinguen dos enfoques diferentes para la transformación de las actuales ciudades en ciudades inteligentes: (a) ofrecer sistemas más eficientes y autónomos a través del uso de la tecnología, sensores, etc.; o (b) educar a los ciudadanos para que puedan hacer frente a los avances tecnológicos en sus ciudades. En este contexto, el proyecto GEO-C (H2020-MSCA-ITN-2014) tiene como objetivo ofrecer estos dos enfoques. Para ello se ofrece una plataforma de software abierto, llamada Open City Toolkit. Dicha plataforma es considerada como la aglutinación de herramientas para capacitar tanto a ciudadanos y desarrolladores como a administraciones públicas, en la participación ciudadana y lograr ciudades más abiertas e inteligentes. Entre estas herramientas se encuentran: aplicaciones, conjuntos de datos, servicios y guías. La Open City Toolkit tiene como misión integrar los avances de investigación provenientes de diferentes temáticas alrededor de las ciudades inteligentes. Dichos avances son los resultados de los diferentes temas de investigación llevados a cabo por los quince estudiantes de doctorado pertenecientes al proyecto. Por otra parte, la caja de herramientas también tiene como objetivo difundir los avances de la ciencia y tecnología geoespacial a los usuarios detallados, para hacer frente a los retos de las ciudades abiertas y participativas.

Abstract

The current literature points out two main approaches regarding the development and enablement of smart cities: on one hand, a technology-driven approach to make systems more efficient and autonomous through sensing technologies; on the other hand, a citizen-driven strategy to educate people so that they can cope with the technological advances in their cities. In this context, the GEO-C project (H2020-MSCA-ITN2014) aims to combine these two approaches by developing an open software platform, called Open City Toolkit. This platform is a toolbox to train citizens, developers and public administrations, to facilitate citizen participation, and to open up cities. These tools include applications, guidelines, services, and datasets. The Open City Toolkit aims to integrate different research results around smart cities. These scientific results are being generated by fifteen doctoral students who are part of the GEO-C project. Moreover, the Open City Toolkit will disseminate the progress of science and technology to end users, to meet the challenges of open and participatory cities.

Palabras clave: Ciudades inteligentes, open data, participación ciudadana, caja de herramientas abiertas.

Keywords: Smart Cities, open data, participatory citizen, open toolkits.

*Institute of New Imaging Technologies.
Universitat Jaume I de Castellón, España*

⁽¹⁾strilles@uji.es, ⁽²⁾carlos.granell@uji.es

Institute for Geoinformatics. Universität Münster, Alemania

⁽³⁾degbelo@uni-muenster.de

*Nova Information. ManagementSchool (NOVAIMS).
Universidade Nova de Lisboa, Portugal*

⁽⁴⁾dbhattacharya@isegi.unl.pt

Recepción 25/11/2016
Aprobación 14/12/2016

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha producido un fuerte impulso a las llamadas ciudades inteligentes. Son muchas las iniciativas, desde los ámbitos públicos y privados, que empujan hacia la mejora de las diferentes dimensiones que se dan dentro de la ciudad mediante el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), todas ellas con objetivos y estrategias dispares para su implementación. Algunas están impulsadas por empresas, con el objetivo de promover su propia tecnología (propietaria) como son los casos de *IBM Smarter Cities* o *Microsoft CityNext*. Mientras que otras, han sido desarrolladas mediante consorcios de universidades, empresas y/o ayuntamientos que establecen una colaboración para transformar las ciudades en inteligentes, en este caso, mayoritariamente siguiendo tecnologías abiertas (por ejemplo, MK: smart (D'Aquin et al., 2014), CitySDK).

Según la definición de Yin et al. (2015) «una ciudad inteligente es un sistema de integración tecnológico que se basa en el procesamiento de datos avanzados con los objetivos de hacer que el gobierno de la ciudad sea más eficiente, los ciudadanos más felices, las empresas más prósperas y el medio ambiente más sostenible». Esta definición señala como actores principales de las ciudades inteligentes a los ciudadanos y ciudadanas, y es esta premisa el eje principal del proyecto que se pretende presentar. Este artículo muestra el papel que puede desempeñar el uso de las ciencias geoespaciales y de los datos abiertos, especialmente los geoespaciales, en las ciudades de hoy en día. De esta forma, el proyecto pretende sacar el máximo provecho a los datos abiertos disponibles en la actualidad, mediante las ciencias geoespaciales, para fomentar la innovación y la creatividad de los propios ciudadanos. El proyecto se denomina «*Joint Doctorate in Geoinformatics: Enabling Open Cities*» (GEO-C), financiado por el programa *EU Marie Curie International Training Networks (ITN)*, *European Joint Doctorates (EJD)*.

El proyecto GEO-C tiene como objetivo contribuir con métodos y herramientas para el fomento de las ciudades inteligentes y abiertas, para que los propios ciudadanos puedan participar activamente tanto en la producción como en el uso de los servicios y actuación de su ciudad. Tres universidades – Universidad Jaume I de Castellón (España), la Universität Münster (Alemania) y la Universidade Nova de Lisboa (Portugal)— participan en el proyecto GEO-C que involucra a 15 estudiantes de doctorado (5 en cada sede) cuyas líneas de investigación están relacionadas con las ciudades inteligentes. Todos los resultados provenientes de las 15 tesis serán integrados en la plataforma *Open City Toolkit (OCT)*. La OCT se concibe como un *software* de código abierto integrado para la capacitación de los ciudadanos, y que les proporciona herramientas analíticas

y servicios centrados en ellos en el contexto de una ciudad inteligente. Está diseñada para mantener todos los recursos resultantes (es decir, datos, procesos, servicios, directrices, normas, ontologías y modelos), junto con las utilidades, guías, herramientas y aplicaciones que hacen uso de esos recursos.

Este artículo presente el contexto de actuación del proyecto GEO-C y describe los primeros resultados derivados del trabajo de los estudiantes de doctorado, así como la concepción, diseño y puesta en marcha de la plataforma OCT. En particular, la segunda sección detalla las aportaciones que las ciencias geoespaciales deben aportar en el contexto de las ciudades inteligentes. Seguidamente, en la tercera sección, se detallan las 15 propuestas de tesis. La cuarta sección muestra cómo se compone la caja de herramientas OCT. Finalmente, en la última sección se presentan las conclusiones referentes al objetivo del artículo, que es la desimánación del proyecto GEO-C.

2. EL PAPEL DE LAS CIENCIAS GEOSPACIALES EN LAS CIUDADES INTELIGENTES

Esta sección se centra en aquellos aspectos de una ciudad inteligente donde la aportación de las ciencias geoespaciales puede tener mayor relevancia. La ciencia y tecnología geoespacial está íntimamente relacionada con múltiples aspectos de una ciudad inteligente, como por ejemplo la adquisición de datos, procesamiento, análisis, representación y visualización (Gruen, 2013) (Coleman et al., 2009). Sin embargo, no únicamente tiene incidencia en el plano tecnológico, sino también en la dimensión social. Para discernir en qué aspectos la ciencia y tecnología geoespacial puede notablemente influir en la mejora de las ciudades inteligentes, hemos definido las siguientes tres grandes áreas o categorías (véase la Figura 1) (Degbelo et al., 2016): empoderamiento de los ciudadanos, métodos y herramientas de análisis y servicios basados en los ciudadanos. A continuación, se detalla cada una de ellas.

2.1 Empoderamiento de los ciudadanos

Participación profunda (C1). La participación en todos los niveles y por todos los ciudadanos ha atraído relativamente poca atención hasta la actualidad en la literatura sobre ciudades inteligentes. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) de Participación Pública (PPGIS) fueron quizás uno de los primeros intentos de poner las capacidades geoespaciales en manos de los ciudadanos para mejorar la participación y la comunicación eficaz entre los

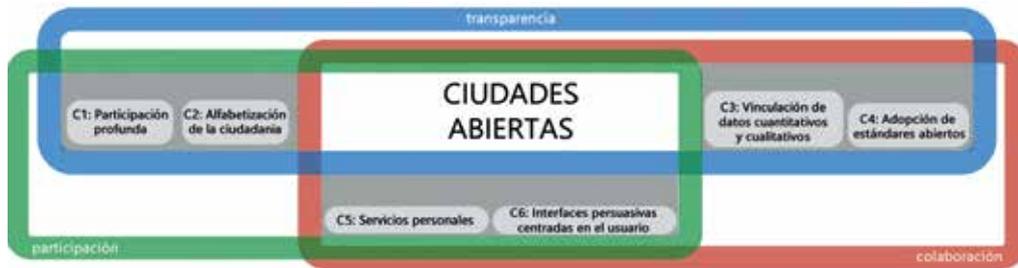


Figura 1. Categorías basadas en los ciudadanos: empoderamiento de los ciudadanos, métodos y herramientas de análisis, y servicios centrados en los ciudadanos

expertos y los no expertos. La participación mediante los PPGIS no puede hacerse sin una profunda comprensión de las motivaciones de los ciudadanos que van a participar. Coleman et al. (2009) realizan un análisis de las diferentes recompensas que los ciudadanos han de recibir cuando colaboren en programas de participación ciudadana. Por lo que se produce una situación de ganar-ganar, ya que los usuarios están recibiendo una compensación y los dirigentes de las ciudades recopilan datos y conocimiento de los ciudadanos (Craglia y Granell, 2014). Esta tendencia se llama «gamificación» y tiene como objetivo superar las limitaciones de las herramientas PPGIS, fomentar la participación ciudadana y asegurar su compromiso de reciprocidad con los usuarios.

Alfabetización de la ciudadanía (C2). Un aspecto primordial es la transmisión de información de forma sencilla y comprensible, como por ejemplo mediante el uso de un mapa, con el fin de favorecer que los ciudadanos asimilen y comprenden la información que se les presenta (Fechner y Kray, 2014). Kraak (2006) señala que los mapas tienen la capacidad de presentar, sintetizar, analizar y explorar el mundo real, ya que permiten visualizarlo de una manera abstracta y sólo presentan una selección de su complejidad.

2.2. Métodos y herramientas de análisis

Vinculación de datos cuantitativos y cualitativos (C3): Las ciudades son productoras de datos de todo tipo y requieren de métodos de análisis que sean capaces de integrar datos cuantitativos e información cualitativa proveniente por ejemplo de actividades de ciencia ciudadana, servicios de redes sociales y herramientas de *crowdsourcing*. En el contexto de las ciudades inteligentes el uso de autómatas celulares para modelar ciudades es vital. Los autómatas celulares aparecen en la lista de Goodchild (2010) como unos de los principales logros de la ciencia geoespacial como para modelar el comportamiento del medio ambiente como células adyacentes (Clarke Y Gaydos, 1998). Cada célula tiene un estado y sus atributos y las transiciones entre estados celulares se modelan mediante reglas simples. Un modelo celular supone

únicamente un espacio de acción (por lo general una rejilla), un conjunto de condiciones iniciales y un conjunto de reglas de comportamiento (Clarke et al., 2007). En otras palabras, pueden interpretarse como generadores de crecimiento y decrecimiento.

El amplio uso del modelo de autómatas celulares (por ejemplo, véanse (Chaudhuri Y Clarke, 2013) (Kunh, 2013) para las revisiones de las aplicaciones de autómatas celulares proporciona evidencia de que los autómatas celulares son una técnica que vale la pena considerar para predecir y simular el crecimiento urbano en un contexto de ciudad inteligente.

La adopción de estándares abiertos (C4). En las ciencias geoespaciales los principales estándares abiertos son los de la organización *Open Geospatial Consortium* (OGC) (Percivall, G., 2015). OGC es una organización internacional sin fines de lucro, que desarrolla estándares abiertos para la comunidad geoespacial mundial. Estos estándares son utilizados en una amplia variedad de dominios, incluidos el medio ambiente, seguridad, salud, agricultura, meteorología, el desarrollo sostenible y las ciudades inteligentes. Diversos autores (Li et al., 2013) (Dameri Y Rosenthal-Sabroux, 2014) identifican la importancia de los estándares abiertos para cualquier proyecto de ciudad inteligente y proponen un marco común de información geoespacial para los sistemas y procesos de toma de decisiones en ciudades basados en la integración de estándares abiertos de OGC y la tecnología geoespacial. Los sensores son cruciales para los sistemas inteligentes, como también para las ciudades inteligentes (Hancke et al., 2012) y están bien definidos por los estándares OGC *Sensor Web Enablement* (SWE). La suite de estándares OGC SWE especifica las interfaces y las codificaciones de metadatos que permiten la integración en tiempo real de las redes de sensores heterogéneos (Bröring et al., 2011).

2.3. Servicios basados en ciudadanos

Los servicios personales (C5). La personalización a nivel de individuo puede considerarse como la nueva generación de Servicios Basados en la Localización (LBS). La capacidad de conocer la ubicación, tanto en entornos *outdoor* como *indoor*, en tiempo real, allana el camino para avances específicos de ciudades inteligentes en áreas tales como sistemas de localización contextuales, el seguimiento en tiempo real, el enrutamiento y la publicidad basada en la localización, entre otras.

Interfaces persuasivas centradas en el usuario (C6). Las ciencias geoespaciales ofrecen una teoría para la especialización de las interfaces de usuario. En un trabajo pionero, Kuhn (1996) señaló que «el espacio es fundamental para la percepción y la cognición, ya que proporciona una base común para nuestros sentidos, así como por nuestras acciones» y discutió la necesidad de experiencia espacial en el campo de la interacción persona-ordenador. Argumentó que los diseñadores necesitan estar informados acerca de la cognición espacial humana y las propiedades de los espacios con el fin de diseñar interfaces especializadas más exitosas. Kuhn introdujo dos conceptos clave para el diseño de interfaces de usuario intuitivas: metáforas espaciales y las imágenes esquema. Ambos conceptos son útiles para entender la forma de pensar acerca del espacio. Una formalización de las metáforas y las imágenes esquema en el contexto de las interfaces de usuario fue propuesto en (Kuhn Y Andrew, 1991). En resumen, la incorporación de elementos espaciales y puntos de vista puede ayudar a proporcionar una interacción más eficaz e intuitiva con los servicios (personales) de las ciudades inteligentes.

3. 15 HISTORIAS, UN OBJETIVO

La sección anterior elabora y discute las oportunidades desde las ciencias geoespaciales para hacer frente a

algunos retos de la ciudad inteligente. Sin embargo, aún se echa en falta una comprensión completa de todas las facetas, beneficios y posibilidades que las ciencias geoespaciales pueden aportar a las ciudades. El proyecto GEO-C tiene como objetivo mejorar dicha comprensión, desde una variedad de perspectivas, además de contribuir a la construcción de ciudades inteligentes abiertas. Vale la pena mencionar que, a pesar de la disponibilidad de soluciones comerciales para hacer frente a cuestiones de una ciudad inteligentes (por ejemplo, las soluciones de IBM Smarter Planet), falta todavía una solución de código abierto integrado para facilite la transición hacia las ciudades inteligentes. GEO-C, además del enfoque de formación de los 15 estudiantes de doctorado, también es un proyecto de investigación por en sí mismo para el diseño e implementación de la plataforma OCT.

La tabla 1 muestra cada uno de los tópicos de los 15 proyectos de investigación clasificados en las aportaciones de la ciencia geoespacial definidas en la sección anterior.

Una de las líneas de investigación que vale la pena seguir para el fomento de la participación ciudadana (C1) es la aplicación de los principios de apertura para asegurar que todos los ciudadanos se beneficien y participen en las ciudades inteligentes a todos los niveles. Las ciudades inteligentes necesitan a ciudadanos formados para que puedan participar a un nivel más profundo y puedan

Retos de investigación	Tópicos GEO-C
Participación profunda (C1)	<ul style="list-style-type: none"> Identificar y comprender los principales factores de motivación que caracterizan a la participación ciudadana en línea Explorar el concepto de encuentros geoespaciales virtuales para salvar las diferencias entre Información Geográfica Voluntaria (VGI) y PPGIS Los paneles públicos como integradores en ciudades abiertas e inteligentes; replantear los conceptos tradicionales de mapa como el análisis de grandes volúmenes de datos, cartografía y artes visuales
Alfabetización de la ciudadanía (C2)	<ul style="list-style-type: none"> Herramientas educativas para que los niños y niñas se convierten en ciudadanos científicos Mapas activos de datos abiertos que faciliten su plena comprensión por los diferentes grupos de ciudadanos
El emparejamiento de datos cuantitativos y cualitativos (C3)	<ul style="list-style-type: none"> Métodos para integrar las mediciones cuantitativas espacio-temporales y predicciones con las evaluaciones cualitativas sobre la ubicación de un individuo Los métodos para reducir la escala grosera de los datos climáticos a nivel de la ciudad El análisis predictivo para mejorar la movilidad de los ciudadanos sobre la base de las redes sociales y las huellas digitales de los ciudadanos El análisis de las interacciones espacio-temporales de datos sobre la delincuencia para predecir puntos de acceso de criminalidad en las ciudades a partir de datos proporcionados por la Web 2.0
La adopción de estándares abiertos (C4)	<ul style="list-style-type: none"> Marco para la creación e implementación de estándares basados en aplicaciones de detección de participación Fuentes de datos basadas en estándares de acceso y exposición de flujos de datos en tiempo real
Servicios personales (C5)	<ul style="list-style-type: none"> Los métodos para el intercambio de información oportunista basada en la proximidad y la protección de la privacidad La determinación de los roles sociales y las relaciones entre las unidades y/o servicios cercanos
Interfaces persuasivas (C6)	<ul style="list-style-type: none"> La tecnología geoespacial y las interfaces visuales para el comportamiento verde y/o la vida Implicaciones sociales de la tecnología de las interfaces geoespaciales basadas en la localización de los cambios de comportamiento

Tabla 1: Los 15 tópicos de los trabajos de investigación del proyecto GEO-C

entender cómo puede ser utilizada la información disponible. Sólo entonces, se puede producir una situación de ganar-ganar que permite superar las barreras cruciales en el acceso, el uso y la interpretación de los datos abiertos (Janssen et al., 2012).

Otras direcciones de investigación prometedoras son la combinación de ideas y métodos VGI con datos abiertos y la interacción persona-máquina para desarrollar enfoques híbridos que involucran ampliamente diversos grupos de personas. Un caso de estudio interesante para explorar estos temas es el uso de pantallas públicas como integradoras en las ciudades inteligentes. La optimización de la información entre ambos sentidos, entre los ciudadanos y los paneles públicos, es fundamental para un suministro oportuno de lo que necesitan. Los paneles públicos pueden facilitar la participación en la toma de decisiones, así como la creación de conocimiento.

La geoinformática, la cartografía, los mapas, las artes visuales y el diseño puede ayudar a los ciudadanos a la comprensión de visualizaciones complejas mediante la personalización del contenido que se está visualizando. Especialmente en las ciudades de hoy en día, el concepto tradicional de mapas que está fuertemente acoplado a la cartografía necesita ser actualizado. Otra línea de futuro para aprovechar la participación profunda es la de explorar el concepto de reuniones en geoespacios virtuales para salvar las diferencias entre VGI y PPGIS, es decir, acercar a los ciudadanos y la administración. Tales reuniones en geo-espacios virtuales permitiría un nuevo canal de comunicación para iniciar un diálogo entre los ciudadanos acerca de un elemento concreto georreferenciado de interés para todos los participantes involucrados.

Con respecto a la alfabetización de los ciudadanos (C2), la disponibilidad de herramientas adecuadas para convertir los ciudadanos (desde escolares hasta adultos mayores) en ciudadanos formados de ciudades abiertas inteligentes es vital para mejorar la alfabetización digital. Un ejemplo notable con respecto a la alfabetización de la ciudadanía (C2) es el Instituto Open Data (ODI), que lleva a cabo principalmente la formación, la educación y las actividades de promoción sobre el consumo y la publicación de datos públicos abiertos. Los programas de la ODI están dirigidos principalmente a los desarrolladores y usuarios técnicamente cualificados que pueden transferir conocimiento *know-how* a las organizaciones públicas y privadas. Esto puede fomentar la alfabetización en datos abiertos como medio para promover el crecimiento económico y la innovación, facilitando el aprovechamiento de las capacidades de los datos abiertos, coincidiendo con la misma línea de visión de la Comisión Europea sobre la economía basada en los datos (COM, 2014).

El trabajo futuro debe complementar la visión de la ODI apuntando a los ciudadanos que no sean desarrolladores cualificados, idealmente de dos maneras. Primero dirigirse a grupos de usuarios que, por lo general, no son abordados como los niños, personas con diversidad funcional o de edad avanzada (tecnológicamente analfabetas) es esencial. Por ejemplo, con una mayor investigación en herramientas educativas para los niños y la accesibilidad de herramientas para distintos grupos de destinatarios, necesaria para que todos ellos se conviertan en ciudadanos inteligentes de primera clase que son conscientes de su entorno de la ciudad y los servicios de la ciudad que se les presta, y que sean capaces de interactuar con ellos. En segundo lugar, cada ciudadano percibe, interactúa, y siente la ciudad de manera distinta. Eso sugiere que la investigación futura podría identificar y caracterizar los diferentes grupos de ciudadanos en función de la de forma con la que perciben y entienden ellos las ciudades. Niños, ancianos, trabajadores, turistas, entre otros, tienen necesidades y perspectivas diferentes de los servicios de la ciudad y los datos abiertos que ofrece. El punto clave aquí es identificar los principales impedimentos que hacen que los datos abiertos actuales, incluyendo cartografía y bases de datos geoespaciales, no sean comprensibles y legibles para estos grupos de ciudadanos. Esto permitirá transformar los datos abiertos en un nuevo tipo de mapas a medida adaptados a las necesidades y características de cada grupo para mejorar la experiencia y satisfacción de los usuarios.

Cuando se trata de explorar nuevos métodos de análisis para integrar datos cuantitativos y cualitativos (C3), una de las direcciones de investigación es la integración de mediciones cuantitativas espaciotemporal y predicciones, con evaluaciones cualitativas sobre un lugar instantáneo individual o generalmente de áreas/períodos de residencia preferencial. Otros resultados esperados incluyen nuevos métodos analíticos para calcular indicadores de calidad de vida basados en fuentes de datos heterogéneas. Otra vía de investigación interesante es la exploración de nuevos métodos analíticos para lidiar con distintas escalas de datos ambientales a nivel de la ciudad. Esto implica nuevos métodos para manejar conjuntamente fuentes de datos multiescala y multitemporales como registros oficiales climáticos con observaciones generadas por los ciudadanos.

Los modelos predictivos son un nicho atractivo para las ciudades inteligentes. Los problemas típicos en ciudades tales como el tráfico y la contaminación pueden ser gestionados de forma activa previendo posibles escenarios y reaccionando ante ellos de forma anticipada. En este contexto, una futura línea de investigación interesante se refiere a la modelización de las interacciones espacio-temporales basadas en redes sociales y las huellas digitales de los ciudadanos (por ejemplo, datos GPS) para mejorar la

precisión y la puntualidad de las predicciones. Aplicaciones concretas de la ciudad podrían ser predicciones sobre los más lugares más propensos a crímenes y sobre la movilidad de los ciudadanos.

Hay varias oportunidades para la investigación sobre la adopción de estándares abiertos (C4). Por ejemplo, existe una clara necesidad de una plataforma o marco para la creación rápida de aplicaciones de sensores basados en estándares. Estos marcos son cruciales para acelerar el despliegue y la entrega de aplicaciones de participación de los ciudadanos, de ese modo potenciar con eficacia la recogida o creación de datos sensoriales pertinentes. Estos datos, a su vez proporcionan información valiosa para los órganos de gobierno y otros interesados para mejorar los servicios de la ciudad. Además, con la creciente tasa a la que se generan los datos, la capacidad de tener centros de datos que sigan estándares para el acceso y la exposición de los datos en tiempo real procedentes de múltiples fuentes es una vía de investigación interesante que puede aportar un valor añadido para una ciudad inteligente.

Los servicios personales (C5) abarcan múltiples aspectos. Recientemente se observa un creciente interés por la privacidad de los datos, especialmente relacionados con las aplicaciones de localización (Damiani, 2014). En este sentido, la identificación y el análisis de escenarios actuales y potenciales basados en proximidad oportunista de intercambio de información entre ciudadanos y servicios de la ciudad son vitales para asegurar la privacidad en servicios personales. Atzori et al. (2012) imaginan una capa social sobre el paradigma de *Internet of Things* (IoT) que toma conceptos de cooperación y relaciones sociales para el establecimiento y gestión de las relaciones sociales entre cosas inteligentes. Esta idea se podría extrapolar para determinar los roles y relaciones sociales que un determinado producto puede llevar a cabo en función de su ubicación real (interior o exterior) y su relación con otros dispositivos o servicios cercanos.

Finalmente, prevemos nuevos avances hacia el diseño y caracterización de las interfaces de persuasión (C6). Estas interfaces pueden implementar técnicas de gamificación (Deterding et al., 2011), por ejemplo, estimular el comportamiento verde o la vida verde y proporcionar incentivos eficaces para mejorar el rendimiento en una serie de indicadores de salud y ecológicos. Además, estas interfaces pueden determinar el grado en que las tecnologías fomentan los cambios sociales y de comportamiento. En el contexto de la vida verde, por ejemplo, es importante hacer un seguimiento del comportamiento de un ciudadano, sabiendo cuando él/ella está caminando, en bicicleta o en coche, para proporcionar retroalimentación en forma de mensajes persuasivos sobre los valores ecológicos y consecuencias ambientales de sus acciones.

4. OPEN CITY TOOLKIT

Con el fin de aprovechar y reusar los avances de las diferentes investigaciones detalladas en la sección anterior en un contexto de ciudad inteligente y abierta, está en desarrollo la plataforma OCT entendida como un kit de herramientas que aglutinará los resultados anteriores. Puede definirse como una colección de herramientas, procesos, especificaciones y directrices para facilitar la participación ciudadana en el futuro de las ciudades, y para ofrecer servicios basados en datos abiertos que sean útiles para los ciudadanos, las empresas y los órganos de gobierno.

4.1 Objetivos y componentes

Una característica importante de la OCT es que está impulsada por la tecnología pero centrada en los ciudadanos, para proporcionar herramientas analíticas y servicios basadas en código abierto. La utilidad de la OCT es triple: (i) proporcionar componentes de *software* que aborden los objetivos y retos mencionados en la sección 3; (ii) integrar el trabajo realizado en las diferentes facetas de las ciudades inteligentes, y (iii) la transferencia de conocimientos de las ciencias geoespaciales a las ciudades inteligentes. En esencia, cinco tipos de componentes forman la OCT:

- Un conjunto de herramientas para la mejora de la transparencia para la inspección de los datos que se recopilan y la visualización de indicadores clave. La transparencia se refiere a la visibilidad de la información (Michener Y Bersch, 2013), mientras que la participación se refiere a la implicación de los ciudadanos en las decisiones que los gobernantes aplican en su día a día. Asumimos que una mayor transparencia tendrá un impacto positivo en la participación ciudadana. Este conjunto de herramientas se refiere a las aportaciones en la participación profunda (C1) y la alfabetización de la ciudadanía (C2).
- Un conjunto de ejemplos de aplicaciones de código abierto, datos abiertos y servicios que sean útiles para las ciudades y ciudadanos, en el caso particular de los retos para la vinculación de datos cuantitativos y cualitativos (C3), así como el desarrollo de servicios personales (C5) e interfaces persuasivas (C6).
- Un ejemplo de arquitectura: describe cómo las aplicaciones, los procesos, los servicios y los datos se pueden integrar con el fin de realizar una ciudad abierta inteligente. Esta arquitectura abstracta se va a construir sobre estándares abiertos (C4).
- El uso de API y especificaciones para conectar componentes, recursos, servicios y reutilizar los datos de una ciudad abierta.
- Directrices sobre cómo hacer posible una ciudad abierta mediante guías interactivas que describen ideas y casos de éxito en cuanto a la transparencia, la colaboración y

la participación utilizando los métodos provenientes de las ciencias geoespaciales.

En definitiva, el objetivo primordial de la OCT es proveer un marco/plataforma flexible y común para el fomento de la transparencia, la colaboración y la participación, con la intención de crear un puente entre todas las partes interesadas (gobiernos, ciudadanos, empresas), entre la tecnología y la sociedad, y entre la investigación y la práctica. Además, mediante la incorporación de pautas de transformación de las ciudades y proporcionando conjuntos de ejemplos útiles tanto para los desarrolladores, como para los usuarios, el objetivo es facilitar la transición hacia ciudades más inteligentes.

Por ejemplo, la OCT como plataforma apoya la integración de los servicios basados en la localización existentes o nuevos, tales como futuros servicios de transporte o aplicaciones educativas basadas en la localización. Cuando los servicios se realizan a través de la OCT o conectados a ella, se beneficiarán de las características de transparencia y de participación que ofrece la plataforma. Esto ofrece a los usuarios la posibilidad de ser capaces de identificar qué fuentes de datos son utilizados por cada servicio o ser capaces de configurar qué servicios son ejecutados en una ciudad inteligente y cómo. Del mismo modo, se admite una amplia gama de fuentes de datos. Por ejemplo, los datos producidos a través de una serie de sensores que utilizan las tecnologías de IoT se pueden conectar fácilmente a la OCT. Una vez realizada la conexión, son accesibles para todos los servicios y aplicaciones que se ejecuten en la OCT y también puede ser visualizados con las herramientas de transparencia incorporados en la plataforma.

4.2 Implementación y puesta en marcha

En el momento de redacción de este artículo, la OCT ofrece mecanismos que permiten la búsqueda, navegación, acceso, edición y visualización de los recursos disponibles. Para ello, la plataforma está basada en CKAN⁽¹⁾ (véase la Figura 2), la cual ha sido adaptada a los objetivos que perseguimos.

Se han utilizado diferentes extensiones de CKAN existentes, algunas de ellas han sido personalizadas e integradas en el portal OCT. Algunas de estas extensiones tienen la funcionalidad de mejorar las búsquedas para recuperar los recursos de forma más sencilla y específica. Sin embargo, el interés se centra en las extensiones que son útiles para administrar y manejar los datos y recursos geoespaciales. Actualmente, la OCT utiliza las extensiones *spatialUI*, *spatial metadata* y *spatial query* para recuperar datos espaciales,



Figura 2. Captura del portal OCT

y las extensiones *geoview* y *GeoJSONview* para visualizar de los datos geoespaciales. Además, otras extensiones se han instalado para cubrir funcionalidades adicionales, como por ejemplo visualizadores de datos (PDF, imágenes y texto), creación de gráficos mediante diferentes visualizaciones, vocabularios RDF, almacenamiento local, API para la lectura, conexión con Google Analytics, estadísticas de uso, creación de páginas para la documentación, entre otras. Además, se ha desarrollado una plantilla de CKAN con el fin de personalizar la forma de visualizar los diferentes recursos que ofrece la OCT.

Para facilitar su uso, se proporcionan un conjunto de tutoriales y código de uso de los recursos disponibles en la plataforma OCT. Ejemplos de código están disponibles en un sitio web asociado, llamado *Open City Developer Toolkit Corner*⁽²⁾ (véase la Figura 3). Incluye breves instrucciones de instalación para diferentes entornos de desarrollo (por ejemplo, node, Bower, mkdocs), así como diferentes fragmentos de código, en diferentes lenguajes de programación, útiles para la recuperación de datos, almacenamiento, análisis y visualización utilizando las herramientas y servicios de OCT. Todos los componentes que forman la OCT utilizan *software* de código abierto como CKAN y Mkdocs, y todos los nuevos desarrollos se publican continuamente a medida que los componentes estén disponibles en GitHub⁽³⁾.

5. CONCLUSIÓN

Las ciudades inteligentes se han convertido en un tema prioritario para la ciencia, la industria, los gobiernos y los

⁽¹⁾<http://giv-oct.uni-muenster.de:5000>

⁽²⁾<http://giv-oct.uni-muenster.de/dev-corner>

⁽³⁾<https://github.com/geo-c>



Figura 3. Captura de la documentación Dev-Corner

responsables políticos, por lo que necesita ser considerado desde una perspectiva multidisciplinaria. Dado el número de iniciativas en marcha en relación a las ciudades inteligentes, existe un alto riesgo de duplicación si no se establecen relaciones y colaboraciones entre las diferentes iniciativas. El objetivo de este artículo es presentar el proyecto GEO-C, prestando atención a lo que otros están realizando en las áreas de actuación que hemos tratado aquí, y mostrar los primeros resultados obtenidos.

En primera estancia se ha proporciona una síntesis de las oportunidades en las ciudades inteligentes desde una perspectiva de las ciencias geoespaciales y centrándose en el ciudadano. Se han descrito tres áreas de investigación, con dos aportaciones concretas en cada una de ellas: empoderamiento de los ciudadanos que requiere abordar los retos relacionados con la participación profunda y alfabetizada; métodos y herramientas de análisis que implican retos con respecto a la vinculación de los datos cuantitativos y cualitativos, así como la adopción de estándares abiertos, y los servicios centrados en los ciudadanos, que sugiere mejorar los servicios personales y las interfaces persuasivas.

Dado el marco anterior, hemos emplazado cada una de las 15 temáticas o líneas de investigación en los retos y contribuciones que las ciencias geoespaciales han de ser capaces de aportar para la mejora y el fomento de ciudades más abiertas e inteligentes. Los resultados preliminares de estas investigaciones individuales formarán parte de la plataforma OCT para para añadir valor a los recursos, servicios y datos abiertos existentes. Actualmente la OCT dispone de un rincón para el desarrollador, así como una plataforma de CKAN que cataloga todos sus recursos. La OCT tiene como objetivo ser un conjunto de mejores prácticas que puedan ser replicadas en otros sitios con requerimientos similares.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Comisión Europea a través del proyecto GEO-C (H2020-MSCA-ITN-2014, acuerdo de concesión número 642332, <http://www.geo-c.eu/>). Carlos Granell ha sido financiado por el programa Ramón y Cajal (ayuda RYC-2014-16913). Sergio Trilles ha

sido financiando por el programa postdoctoral Val+d de la Generalitat Valenciana (APOSTD/2016/058).

REFERENCIAS

- Atzori, L., Iera, A., Morabito, G., Y Nitti, M. (2012). *The Social Internet of Things (SIoT)—When social networks meet the Internet of Things: Concept, architecture and network characterization*. *Comput. Netw.*, 56, 3594–3608
- Bröring, A., Echterhoff, J., Jirka, S., Simonis, I., Everding, T., Stasch, C., Liang, S. Y Lemmens, R. (2011). *New generation sensor web enablement*. *Sensors*, 11, 2652–2699
- Chaudhuri, G. Y Clarke, K. (2013). *The SLEUTH land use change model: A review*. *Int. J. Environ. Resour. Res.*, 1, 88–105.
- CitySDK: <http://www.citysdk.eu/>. Fecha de consulta 11 de Febrero de 2016
- Clarke, K., Gazulis, N., Dietzel, C. Y Goldstein, N. A. (2007). *Decade of SLEUTHing: Lessons learned from applications of a cellular automaton land use change model*. In *Classics from IJGIS—Twenty Years of the International Journal of Geographical Information Science and Systems*; Fisher, P.F., Ed.; CRC Press, pp. 413–427.
- Clarke, K., Y Gaydos, L. (1998). *Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: Long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore*. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 12, 699–714.
- Coleman, D.J., Georgiadou, Y., Labonte, J. (2009). *Volunteered geographic information: The nature and motivation of producers*. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 4, 332–358.
- COM (2014). Commission of the European Communities the Council, the European Economic and Social Committee, and the Committee of the Regions. COM (2014) 442: *Towards a Thriving Data-Driven Economy*. Available online: <http://eur-lex.europa.eu/procedure/EN/1042141> Fecha de consulta 11 de Febrero de 2016
- Craglia, M., Y Granell, C. (Eds.) (2014). *Citizen Science and Smart Cities*. Number EUR 26652 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- D'Aquin, M., Adamou, A., Daga, E., Liu, S., Thomas, K., y Motta, E. (2014). *Dealing with diversity in a smart-city datahub*. In T. Omitola, J. Breslin, Y P. Barnaghi (Eds.), *Proceedings of the Fifth Workshop on Semantics for Smarter Cities*, Riva del Garda, Italy, online <http://ceur-ws.org/Vol-1280/paper8.pdf>
- Dameri, R.P. Y Rosenthal-Sabroux, C. (2014). *Smart City: How to Create Public and Economic Value with High Technology in Urban Space*; Springer: Cham, Switzerland.
- Damiani, M. (2014). *Location privacy models in mobile applications: Conceptual view and research directions*. *Geoinformatica*, 18, 819–842

- Degbelo, A., Granell, C., Trilles, S., Bhattacharya, D., Castleyn, S., Y Kray, C. (2016). *Opening up Smart Cities: Citizen-Centric Challenges and Opportunities from GIScience*. ISPRS International Journal of Geo-Information, 5, 16. doi: 10.3390/ijgi5020016
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. Y Nacke, L. (2011). *From game design elements to gamefulness: Defining gamification*. In Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, Tampere, Finland, 28–30 September, pp. 9–15.
- Fechner T., Y Kray, C. (2014). *Georeferenced open data and augmented interactive geo-visualizations as catalysts for citizen engagement*. eJ. eDemocr. Open Gov. 6, 14–35. GEO-C: <http://geo-c.eu/>. Fecha de consulta 11 de Febrero de 2016
- Goodchild, M.F. (2010). *Twenty years of progress: GIScience in 2010*. J. Spat. Inf. Sci. 1, 3–20.
- Gruen, A. (2013). *SMART Cities: The need for spatial intelligence*. Geospatial Information Science, 16:1, 3-6, DOI: 10.1080/10095020.2013.772802.
- Hancke, G., Silva, B. Y Hancke, G., Jr. (2012). *The role of advanced sensing in smart cities*. Sensors, 13, 393–425.
- IBM Smarter Cities: http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/smarter_cities/overview/. Fecha de consulta 11 de Febrero de 2016
- Instituto Open Data: <http://theodi.org/>. Fecha de consulta 11 de Febrero de 2016
- Janssen, M., Charalabidis, Y. Y Zuiderwijk, A. (2012). Benefits, adoption barriers and myths of open data and open government. Inf. Syst. Manag.
- Kraak, M. (2006). *Why maps matter in GIScience*. Cartogr. J. 43, 82–89.
- Kuhn, W. (1996). *Handling data spatially: Spatializing user interfaces*. In Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Data Handling, Delft, The Netherlands, 12–16 August.
- Kuhn, W. (2013). *Cognitive and linguistic ideas in geographic information semantics*. In Cognitive and Linguistic Aspects of Geographic Space; Raubal, M., Mark, D.M., Frank, A.U., Eds.; Springer-Verlag: Berlin, Germany, pp. 159–174.
- Kuhn, W., Y Andrew U. F. (1991). *A formalization of metaphors and image-schemas in user interfaces*. Cognitive and linguistic aspects of geographic space. Springer Netherlands, 1991. 419-434.
- Li, W., Li, L., Goodchild, M. Y Anselin, L. A. (2013). *Geospatial cyberinfrastructure for urban economic analysis and spatial decision-making*. ISPRS Int. J. Geo Inf. 2, 413–431.
- Michener, G. Y Bersch, K. (2013). *Identifying transparency*. Inf. Polity, 18, 233–242
- Microsoft CityNext: <http://www.microsoft.com/en-us/city-next/>. Fecha de consulta 11 de Febrero de 2016
- Percivall, G. (2015). *OGC Smart Cities Spatial Information Framework*: <http://www.opengeospatial.org/pressroom/pressreleases/2181>. Fecha de consulta 11 de Febrero de 2016
- Sensor Web Enablement: <http://www.opengeospatial.org/ogc/markets-technologies/swe>. Fecha de consulta 11 de Febrero de 2016
- Yin, C.T., Xiong, Z., Chen, H., Wang, J., Cooper, D., y David, B. A. (2015). *A literature survey on smart cities*. Science China Information Sciences, 58, 1–18. doi:10.1007/s11432-015-5397-4

Sobre los autores

Sergio Trilles

Recibió su doctorado en Integración de Información Geoespacial por la Universidad Jaume I en 2015. Tuvo la oportunidad de trabajar cuatro meses como investigador en la unidad de Digital Earth and Reference Data del Joint Research Centre (JCR) de la Comisión Europea. Tiene experiencia en diferentes campos de las ciencias geoespaciales tales como geoprocetamiento, interoperabilidad entre sensores o mapeo web. Actualmente es investigador postdoctoral del grupo GEOTEC mediante el programa Vali+d de la GVA.

Carlos Granell

Doctor en Informática por la Universidad Jaume I. Actualmente es investigador Ramón y Cajal del grupo GEOTEC. Sus líneas de investigación incluyen multidisciplinidad con SIG, modelos web, y análisis y visualización espacial.

Auriol Degbelo

Doctor en Ciencias de la Información Geográfica de la Universidad de Münster, Alemania. Actualmente es investigador postdoctoral en el Instituto de Geoinformática de la Universidad de Münster. Sus intereses de investigación incluyen la ontología para el procesamiento de la información geográfica y la integración semántica de la información geoespacial.

Devanjan Bhattacharya

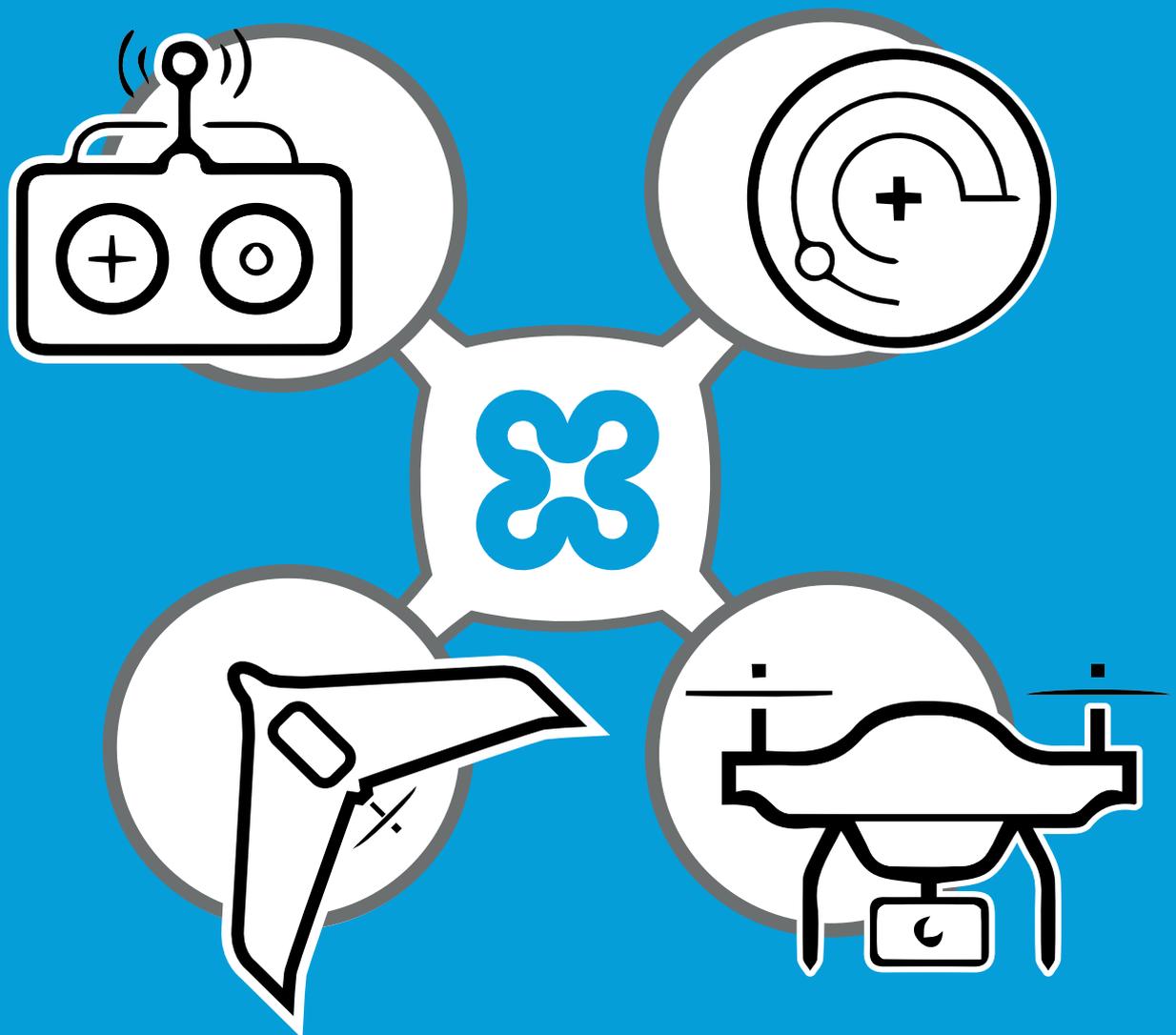
Doctor en ingeniería geomática por el IIT Roorkee, y sus intereses de investigación se encuentran en las aplicaciones de la geoinformática para los retos de la sociedad, gestión de geohazard, ciudades inteligentes y tecnologías espaciales. Actualmente es investigador postdoctoral del proyecto GEO-C de la UE H2020 en NOVA IMS, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.

Hi!Drone

TECHNOLOGY 2017

PALACIO DE FERIAS Y CONGRESOS DE MÁLAGA

7-8
junio



SALÓN DE TECNOLOGÍAS DRON

www.hidronetec.com

Palacio de Ferias y Congresos de Málaga



Organiza:



SIG del Departamento de Conservación Preventiva del Instituto de Patrimonio Cultural de España

REVISTA **MAPPING**
Vol. 26, 181, 52-56
enero-febrero 2017
ISSN: 1131-9100

GIS of the Department for Preventative Conservation of the Spanish Cultural Heritage Institute

Álvaro Anguix⁽¹⁾, José Vicente Higón⁽²⁾, Juan Herráez⁽³⁾

Resumen

El IPCE, Instituto del Patrimonio Cultural de España, es una institución dependiente de la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales y de Archivos y Bibliotecas del Ministerio de Educación Cultura y Deporte, dedicada a la investigación, conservación y restauración de los bienes culturales que conforman el patrimonio histórico español. Para ello integra en su personal especialistas de diversas disciplinas: arquitectos, arqueólogos, etnógrafos, restauradores, físicos, geólogos, químicos, biólogos, documentalistas, informáticos, fotógrafos, bibliotecarios, archiveros y conservadores, entre otros.

En la práctica eso se traduce en una serie de tareas, proyectos y actividades alrededor de una información que en un amplio porcentaje de ocasiones tiene una componente geográfica. Una información muy valiosa y que, hasta la puesta en marcha de una IDE para el Departamento de Conservación Preventiva del IPCE, era casi imposible reutilizar al no existir un mecanismo que permitiera no sólo tenerla localizada, sino también compartirla, combinarla e interoperar con ella para poder aprovechar todo el potencial de esta base de datos de conocimiento de carácter espacial.

El proyecto del SIG para el Departamento de Conservación Preventiva del del IPCE se planteó para su aplicación en proyectos de conservación, pero facilitando su uso futuro para cualquier necesidad de la organización relacionada con gestión de información geográfica. Así, dentro de las tareas relacionadas con la conservación preventiva existía un proyecto de investigación para la deducción de índices de riesgo climático en relación con la conservación de los bienes culturales. Estudiar diferentes parámetros climáticos como la temperatura, la humedad o la pluviometría, su variabilidad a lo largo del ciclo anual y poder cruzar las distintas entradas de información geográfica era la base del proyecto que dio inicio a la puesta en marcha de la infraestructura para la gestión de los datos espaciales. Para ello, además de las herramientas habituales de una IDE, se ha desarrollado un módulo de gestión de series temporales de datos, que permite, por un lado, añadir a la plataforma cualquier serie de datos con el atributo tiempo y por otro lado, poder realizar la consulta de cualquier capa de climatología relevante para la conservación de los bienes culturales, en relación con una fecha concreta.

Abstract

The Spanish Cultural Heritage Institute (IPCE, Instituto del Patrimonio Cultural de España) is an institution of the Department of Fine Arts and Cultural Heritage and Archives and Libraries of the Ministry of Education, Culture and Sports, dedicated to research, conservation and restoration of cultural heritage that make up the Spanish historical heritage. For this, specialists from different disciplines: architects, archaeologists, ethnographers, restorers, physicists, geologists, chemists, biologists, librarians, computer scientists, photographers, documentalist, archivists and curators, among others.

In practice, it becomes a series of tasks, projects and activities about information that has a geographic component in a large percentage of occasions. It is a valuable information and before the implementation of the SDI it was almost impossible to be reused because of the absence of a mechanism, not only to have it located, but also to share, combine and interoperate with it to realize the potential of this knowledge database of spatial character.

The GIS of the Department for Preventative Conservation of the Spanish Cultural Heritage Institute project was planned to be applied in conservation projects, but making future use easy for any need of the organization related to geographic information management. Thus, within the tasks related to preventive conservation, there was a research project for the deduction of climate risk indexes in relation to the cultural heritage conservation. How to study different climatic parameters such as temperature, humidity, rainfall, etc., its variability throughout the annual cycle and to cross the different geographic information entries were the basis of the project that launched the implementation of the Spatial Data Infrastructure. For that, besides the usual tools of an SDI, a data time series management module was developed, that allows to add any series of data to the SDI with the time attribute, as well as to carry out the consulting of any climatology layer relevant to the conservation of cultural heritage, in relation to a specific date.

Palabras clave: SIG, IDE, gvSIG Online, software libre, patrimonio cultural, España.

Keywords: SIG, SDI, gvSIG Online, open source software, cultural heritage, Spain.

Asociación gvSIG

⁽¹⁾anguix@gvsig.com

Asociación gvSIG. Scolab

⁽²⁾jvhigon@gvsig.com

Área de Investigación y Formación. IPCE

⁽³⁾juan.herraez@mecc.es

Recepción 01/12/2016

Aprobación 20/12/2016

1. INTRODUCCIÓN

La puesta en marcha del SIG del Departamento de Conservación Preventiva del IPCE tiene su punto de partida en un proyecto de investigación relacionado con la conservación preventiva.

Tal y como se define en el Plan Nacional de Conservación Preventiva, como planteamiento inicial o punto de partida, recogiendo las distintas tendencias y métodos de trabajo que se pueden encontrar en la bibliografía especializada y en las experiencias desarrolladas en el ámbito internacional, se puede decir resumidamente que la conservación preventiva es una estrategia de conservación del patrimonio cultural que propone un método de trabajo sistemático para identificar, evaluar, detectar y controlar los riesgos de deterioro de los objetos, colecciones y por extensión, cualquier bien cultural, con el fin de eliminar o minimizar dichos riesgos, actuando sobre el origen de los problemas, que generalmente se encuentran en factores externos a los propios bienes culturales, evitando con ello su deterioro o pérdida y la necesidad de acometer drásticos y costosos tratamientos aplicados sobre los propios bienes.

En la estrategia de conservación preventiva confluyen aspectos que deben ser tenidos en cuenta como son la sostenibilidad, es decir la necesidad de aplicación de esfuerzos continuados en el tiempo, la optimización de recursos y la accesibilidad, entendida como acercamiento de los bienes culturales a la sociedad, conceptos

todos ellos que inciden positivamente en la mejora del estado de conservación del patrimonio.

Es en algunas instituciones (museos, bibliotecas, archivos), donde se desarrolla profesionalmente un trabajo de conservación preventiva más elaborado. Pero la aplicación del principio de conservación preventiva no se puede restringir a la conservación de los bienes muebles de museos, archivos y bibliotecas. La riqueza del patrimonio cultural español implica que una parte muy importante está constituida por bienes inmuebles, consistentes en edificios históricos (Figura 1) con elementos singulares (pinturas murales, retablos...), que contienen una cantidad importante de bienes muebles, monumentos, centros históricos, paisajes culturales, yacimientos arqueológicos o cuevas con arte rupestre.

Aunque con diferencias debidas a muy diferentes factores, el método de trabajo fundamental que se ha ido adaptando a cada caso concreto se basa en los siguientes aspectos:

- Análisis de los bienes culturales, su estado de conservación y el uso y gestión que se hace de ellos.
- Análisis de los riesgos de deterioro, su valoración y definición de prioridades en cuanto a los métodos de seguimiento y control.
- Diseño de métodos de seguimiento y control mediante el análisis de los recursos disponibles, la definición de medios técnicos y procedimientos de trabajo y su planificación programada, con el horizonte siempre presente de un uso y gestión de los bienes compatible con su conservación.



Figura 1. Estudio de condiciones ambientales sobre las pinturas murales en la Iglesia de San Julián de Prados (Oviedo). Fuente: Web IPCE

- Los principios fundamentales son:
- Controlar los riesgos de deterioro actuando sobre los factores del medio y los modelos de uso y gestión, para evitar que éste se produzca o se acelere, y no sobre su efecto en los propios bienes.
 - Utilizar el método de trabajo propuesto por la conservación preventiva para definir prioridades respecto a los recursos a emplear en medios y procedimientos para la conservación de los bienes.
 - Utilizar la planificación de la conservación preventiva en las instituciones como herramienta de esfuerzo sostenible y aplicable a conjuntos de bienes de forma prioritaria

De forma general, aunque no sistemática, los esfuerzos en la aplicación

de métodos de trabajo de conservación preventiva se centra en una serie de aspectos en los que se concentran la mayor parte de los riesgos de deterioro que amenazan a los bienes culturales. Entre los aspectos que contempla la Conservación Preventiva encontramos algunos que tienen una especial relevancia en cuanto a la necesidad de implantar una Infraestructura de Datos Espaciales; destacan los siguientes:

- Daños o pérdidas causados por episodios catastróficos como incendios, terremotos o inundaciones.
- Daños causados por condiciones ambientales inadecuadas entre las que se incluyen los factores microclimáticos, las radiaciones asociadas a la luz y los contaminantes atmosféricos.
- Daños causados por el biodeterioro, generalmente asociados a condiciones ambientales inadecuadas y deficiencias en la disposición y mantenimiento de las instalaciones.

En definitiva estos aspectos se concretan en el análisis de una información como la relativa a climatología y condiciones ambientales que es susceptible de ser analizada mediante Sistemas de Información Geográfica. Se trata además, en la mayoría de los casos, de información viva y variante que requiere de una clasificación temporal.

Por tanto es evidente que la complejidad en la conservación de ciertos bienes culturales, como los centros históricos de las ciudades, los paisajes culturales, el arte rupestre y los bienes culturales ligados a ecosistemas naturales, o los componentes del patrimonio inmaterial, exigen herramientas específicas y complejas, muy diferentes a las utilizadas hasta ahora, para la aplicación de estrategias de conservación preventiva. Es en este aspecto donde las Infraestructuras de Datos Espaciales pueden convertirse en una herramienta o tecnología de primer orden, contribuyendo a la modernización de la gestión del Patrimonio Cultural.

El IPCE, Instituto del Patrimonio Cultural de España, es una institución dependiente de la Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales y de Archivos y Bibliotecas del Ministerio de Educación Cultura y Deporte, dedicada a la investigación, conservación y restauración de los bienes culturales que conforman el patrimonio histórico español. Para ello integra en su personal especialistas de diversas disciplinas: arquitectos, arqueólogos, etnógrafos, restauradores, físicos, geólogos, químicos, biólogos, documentalistas, informáticos, fotógrafos, bibliotecarios, archiveros y conservadores, entre otros.

En la práctica eso se traduce en una serie de tareas, proyectos y actividades alrededor de una

información que en un amplio porcentaje de ocasiones tiene una componente geográfica. Entre ellos, como ya se ha mencionado, los proyectos relacionados con la conservación preventiva. Una información muy valiosa y que, sin una herramienta para gestionar y consultar la información geográfica como una plataforma con las características de una IDE, es casi imposible de reutilizar al no existir mecanismos que permitan no sólo tenerla localizada, sino también compartirla, combinarla e interoperar con ella para poder aprovechar todo el potencial de esta base de datos de conocimiento de carácter espacial.

Así, dentro de las tareas relacionadas con la conservación preventiva del IPCE existía un proyecto de investigación para la deducción de índices de riesgo climático en relación con la conservación de los bienes culturales. Estudiar diferentes parámetros climáticos como la temperatura, la humedad o la pluviometría, etcétera, su variabilidad a lo largo del ciclo anual y poder cruzar las distintas entradas de información geográfica, era la base del proyecto que dio inicio a la puesta en marcha del SIG del Departamento de Conservación Preventiva del Instituto de Patrimonio Cultural de España.

La tecnología seleccionada para implantar la plataforma fue gvSIG Online, tanto por su versatilidad y capacidades técnicas como por su condición de *software* libre. Dentro de las diversas modalidades de implantación de gvSIG Online se optó por la denominada SaaS o *software* como servicio. De este modo la administración del sistema es responsabilidad de la Asociación gvSIG, mientras el IPCE se dedica a la explotación del SIG.

Para cubrir las necesidades de este tipo de estudios, además de las herramientas habituales de gvSIG Online y propias de una IDE, se ha desarrollado un módulo de gestión de series temporales de datos, que permite por un lado añadir a la plataforma cualquier serie de datos con el



Figura 2. Página principal de la IDE del IPCE



Figura 3. Geoportales públicos disponibles en julio de 2016

atributo tiempo y por otro lado, poder realizar la consulta de cualquier capa de climatología relevante para la conservación de los bienes culturales en relación con una fecha concreta.

2. GVSIG ONLINE

gvSIG Online es una plataforma integral para la puesta en marcha, gestión y explotación de Infraestructuras de Datos Espaciales. Internamente está formado por una serie de componentes de *software*, todos ellos con licencia libre, que permiten disponer de una IDE completa: base de datos espacial, servidor de mapas, servidor de teselas (*tiles*), servidor de catálogo, cliente web sig o geoportal, en la que destaca un conjunto de herramientas de administración que permiten explotar de forma sencilla todo el potencial de las IDE y generar geoportales en cuestión de minutos según las necesidades, sin limitaciones de ningún tipo. Adicionalmente se pueden integrar componentes adicionales en función de las necesidades del usuario del sistema, como en este caso el módulo de gestión de series temporales.

Para comenzar a utilizar gvSIG Online en el IPCE, una vez implantado y configurado, se ha realizado un curso de formación para capacitar a los técnicos de la organización en los mecanismos para preparar los datos y decidir qué geoportales se quieren crear y qué servicios web se pretenden ofrecer.

3. EL SIG DEL DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA DEL IPCE

El SIG del Departamento de Conservación Preventiva del IPCE tiene una portada o página web principal (Figura 2) en la que se pueden acceder tanto al apartado que engloba los geoportales públicos como a los distintos servicios



Figura 4. Geoportal de climatología, con la capa activada de temperatura mínima media anual para el mes de enero

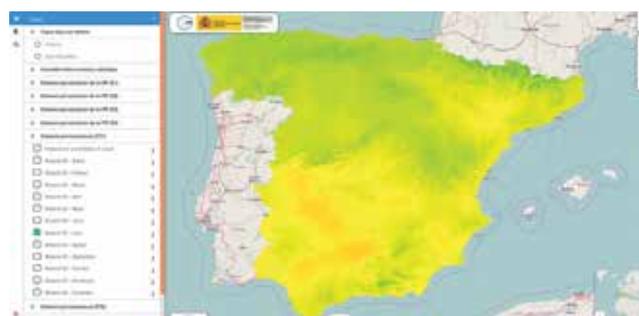


Figura 5. Geoportal de índices de deterioro, con la capa activada de deterioro por temperatura (ST1) para el mes de julio

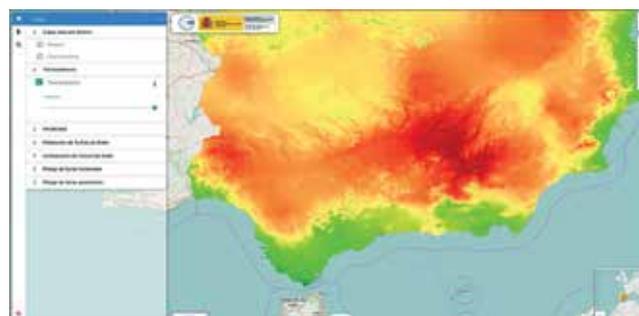


Figura 6. Geoportal de condiciones de conservación, con la capa activada de termoclastismo

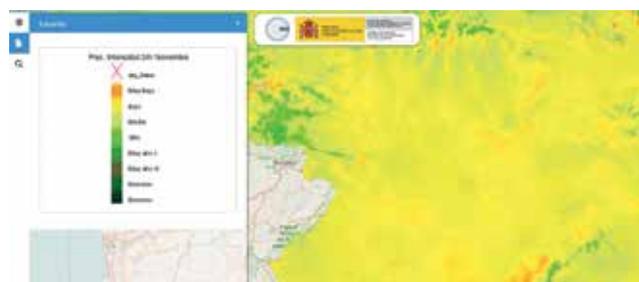


Figura 7. Visualización de la leyenda de precipitación: intensidad 24 h de noviembre

OGC que están disponibles. Además dispone de acceso para usuarios con permisos especiales, que pueden entrar al sistema mediante autenticación.

Una de las características que hacen diferente a esta plataforma respecto a Infraestructuras de Datos Espacia-

les implantadas por organizaciones como los institutos geográficos, con información que se actualiza en períodos de tiempo grandes, es la relacionada con la variabilidad de proyectos que se generan y la utilización de datos que varían constantemente. Esto tiene su razón de ser en los aspectos estudiados, como puede ser la necesidad de gestionar datos climatológicos.

Los geoportales públicos a considerar se relacionan con los aspectos mencionados de necesario estudio para la conservación preventiva, entre los que encontramos geoportales con datos de climatología (de la AEMET), geoportales con información relativa a condiciones de conservación exterior y de edificios (de baja, media y alta inercia) y el correspondiente a índices de deterioro (Figuras 4, 5, 6 y 7). Este número creciente de geoportales es un indicador del potencial de la herramienta y del impacto que puede suponer para una organización de este tipo la puesta en marcha de una solución similar.

4. CONCLUSIONES

El citado proyecto de investigación relacionado

con la conservación preventiva ha servido como punto de partida para que el IPCE disponga de la plataforma tecnológica que permita aplicar las ventajas de los SIG y las IDE a los proyectos de conservación preventiva.

La experiencia en la aplicación de estas tecnologías en el ámbito de la conservación es extrapolable a otros organismos responsables del mantenimiento del Patrimonio Cultural y abre un nuevo campo de aplicación de la Geomática hasta ahora poco explorado.

REFERENCIAS

- Asociación gvSIG, <http://www.gvsig.com>
gvSIG Desktop, <http://www.gvsig.com/es/productos/gvsig-desktop>
Plan Nacional de Conservación Preventiva, http://ipce.mcu.es/pdfs/PN_CONSERVACION_PREVENTIVA.pdf
Webinar gvSIG Online, <https://youtu.be/47rEuQtAnaA>

Sobre los autores

Ávaro Anguix Alfaro

Ingeniero Técnico en Topografía por la Universidad Politécnica de Valencia. Premio Bancaja 1999-2000 al mejor TFC por el proyecto "Diseño y desarrollo de un SIG de gestión de aguas residuales". Miembro del Grupo de Trabajo de la Infraestructura de Datos Espaciales de España, miembro con derecho a voto de OSGeo-es (capítulo hispano-hablante de OSGeo). Ha publicado decenas de artículos sobre geomática y software libre, habiendo participado en la elaboración de varios libros sobre Infraestructuras de Datos Espaciales y Sistemas de Información Geográfica. Ha desarrollado su labor profesional como especialista en geomática durante los últimos 16 años. Actualmente desarrolla su actividad como Director General de la Asociación gvSIG.

José Vicente Higón Valero

Ingeniero en Informática e Ingeniero Técnico en Telecomunicaciones con especialidad en Telemática por la Universidad de Valencia. MBA por la EAE Business School. Miembro del Grupo de Trabajo de la Infraestructura de Datos Espaciales de España. Miembro del Comité Técnico (CEN/TC 287), en el seno del Comité Europeo de Normalización (CEN), con la misión de normalizar, en el ámbito territorial europeo, la informa-

ción geográfica. Responsable de la trasposición al español de la norma 19139 del ISO/TC 211 y CEN/TC 287. Gerente de Software Colaborativo y miembro de la Junta Directiva de la Asociación gvSIG. Tiene una amplia experiencia en el desarrollo de Sistemas de Información Geográfica e implantación de Infraestructuras de Datos Espaciales. Director técnico de gvSIG Online.

Juan Antonio Herráez

Biólogo, conservador científico del Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE) desde 1985. Responsable del Departamento de Conservación Preventiva del Área de Investigación y Formación.

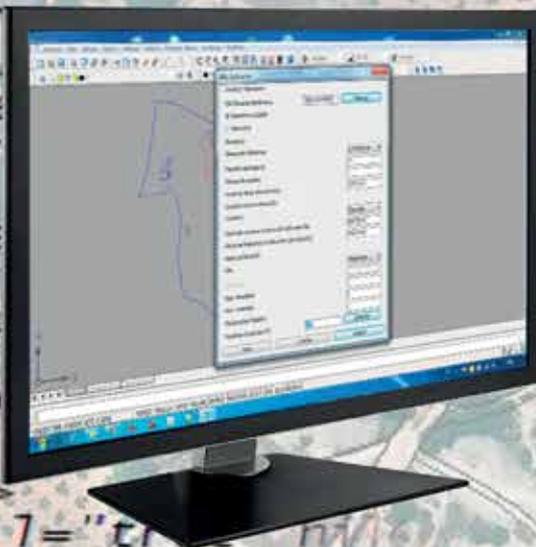
Su línea de trabajo se centra en el estudio e investigación de métodos de diagnóstico, seguimiento y control de las condiciones ambientales, y desarrollo de proyectos de conservación preventiva para Bienes Culturales tanto muebles como inmuebles.

Actualmente es coordinador del Plan Nacional de Conservación Preventiva impulsado desde el IPCE, miembro de la Mesa Técnica de la Línea de Acción de Apoyo al Patrimonio Museológico en Situación de Riesgo o Emergencia, del Programa Iberoamericanos, y miembro acreditado por AENOR en el Comité Técnico de normalización en temas de Conservación de Bienes Culturales del Comité Europeo de Normalización (CEN).



Generación y Gestión de ficheros GML de acuerdo a la estructura, contenido y formato INSPIRE.

Todo desde tu propio software CAD



Para obtener más información sobre <R3D-GML>, visite: www.redes3d.com/gml





Aventuras y desventuras de la expedición que midió un arco de meridiano en el ecuador (1735-1744)

ANTONIO CRESPO SANZ*

RESUMEN

A mediados del siglo XVIII una expedición hispano-francesa viajó al ecuador dispuesta a demostrar que la tierra tenía una forma elipsoidal achatada por los polos. Las enormes complicaciones técnicas y económicas acontecidas alargaron las mediciones durante diez años, tras los cuales demostraron que vivimos sobre un planeta aplastado como una sandía y ayudaron a la consolidación de la geodesia. El equipo estaba formado por matemáticos de la Academia de Ciencias de París y dos guardiamarinas españoles que debían ayudar en los trabajos geodésicos y astronómicos, vigilar sus movimientos y evitar cualquier acto de espionaje o contrabando. Aquellos jóvenes marinos se incorporaron a las mediciones y aprendieron muchos conceptos y prácticas científicas que se desconocían en nuestro país. Se hicieron expertos en los métodos geodésicos, manejaron y construyeron los instrumentos adecuados, fueron instruidos en los sofisticados cálculos y regresaron a España convertidos en hombres de ciencia que participaron en las tareas reformadoras del marqués de la Ensenada. Leyendo los libros de aquellos viajeros y los detallados análisis de sus trabajos, comprobamos el alcance de su aventura y que además de la ciencia, desarrollaron la supervivencia.

Palabras clave: ecuador, polos, aventura, medición, planos.

ABSTRACT

In the middle of the eighteenth century a Spanish-French expedition traveled to Ecuador to evidence that the earth is an oblate ellipsoid. They suffered enormous technical and economic complications that lengthened the measurements for ten years. During this time they showed that we live on a planet crushed like a watermelon and helped to the consolidation of the geodesy. The team was composed by mathematicians belonging to the Academy of Sciences of Paris and two Spanish midshipmen, that should help in geodetic and astronomical work, an monitoring their movements avoiding any act of espionage or smuggling. Those young sailors joined to the measurements and learned many concepts and scientific practices that were unknown in our country. They became experts in geodetic methods, managed and built the appropriate instruments, trained in sophisticated calculations and returned to Spain converted in scientists who participated in the reforming task of the Marquis of Ensenada. Reading the books of the travelers and the detailed analyzes of their work, we will check the scope of this adventure and that besides science, they developed their own survival.

Keywords: equator, poles, aventura, measuring, planes.

«Tan comunes son los alacranes de distintas especies: unos negros; otros colorados; muscos; y otros algo amarillos [...] Su picada es venenosa en unos más que en otros [...] Trae por consecuencia el apoderarse la fiebre del sujeto; amortecerle las palmas de las manos y plantas de los pies, frente, orejas, narices y labios, y todas estas hormigean».

Jorge Juan y Antonio de Ulloa

Relación histórica del viaje hecho de orden de su Majestad a la América Meridional (1748)

HISTORIA DE LA CARTOGRAFÍA

Introducción

Cuando estudiábamos Topografía, el profesor Vázquez Maurenos contó que a mediados del siglo XVIII una expedición hispano-francesa había viajado al ecuador para medir un arco de meridiano. Mi amigo Antonio dice que no se acuerda, pero yo mantengo en la memoria su explicación, las anécdotas y la imagen de un científico corriendo desnudo hacia la selva persiguiendo a una nativa. Esta última fabulación ha resultado ser incierta y bastante simplona comparada con las proezas de aquellos hombres. La hazaña fue narrada por cinco de sus protagonistas –cada uno ofrece una versión diferente y personal– cuyas mediciones y peripecias han sido analizadas por muchos investigadores con opiniones y conclusiones no siempre coincidentes. En la historia de la cartografía tenemos por costumbre quejarnos sobre la escasez de las fuentes, aunque en este caso la sobredosis de información genera confusión; algo similar a cuando unos amigos nos cuentan sus vacaciones y no paran de llevarse la contraria sobre los detalles. Siempre me fascinaron las aventuras y desventuras vividas por los integrantes de aquella empresa y este será el motivo principal del relato; el resumen puntual de las observaciones y la valoración de los cálculos tendrán que esperar a otra ocasión.

Todo comenzó con una apasionada discusión sobre la forma de la tierra. Esta polémica estaba rodeada de múltiples intereses y se convirtió en un combate con demasiados elementos en juego: prestigios personales y nacionales, conflictos generacionales, modelos científicos, filosóficos, institucionales y religiosos. Lejos de aburrir con sesudas martingalas, el debate se resume fácilmente. Por un lado se hallaban los partidarios de Newton, quienes afirmaban que debido a la fuerza de la gravedad la tierra no era una esfera perfecta, sino que estaba achatada por los polos. En el

bando contrario, los forofos de Descartes estaban convencidos de que la tierra era un poco más estrecha en el ecuador y los trabajos del cartógrafo Cassini parecían confirmarlo. La solución pasaba por medir un arco de meridiano en los lugares clave. La Academia de las Ciencias de París, considerada como la principal institución científica europea, decidió en 1735 patrocinar un viaje al ecuador eligiendo a tres reputados miembros para realizar las comprobaciones. El jefe sería Louis Godin (1704-1760), meticoloso astrónomo e impulsor inicial de la idea, ayudado por Charles Marie de La Condamine (1701-1774) un hombre hiperactivo con conocimientos polivalentes y por Pierre Bouguer (1698-1758) un precoz y sesudo científico que enseñaba hidrografía. Los tres, ricos y famosos, estaban en la treintena, eran verdaderos patanegras de la ciencia, matemáticos curtidos en las discusiones parisinas, con currículos apabullantes y egos más grandes que sus cerebros. El único inconveniente era su falta de experiencia en mediciones geodésicas, pero nadie lo tuvo en cuenta; para remediarlo llevaban una detallada explicación de las operaciones a realizar redactada por Cassini. Les acompañarían otros hombres de ciencia, ayudantes y criados hasta completar un grupo de 23 personas, entre los que destacaban el médico y botánico Joseph de Jussieu (1704-1779) y el cirujano Jean Seniergues (1704-1739) como responsables de los temas de sanidad e historia natural, el relojero Théodore Hugot (?-1781) a cargo de los instrumentos, el ingeniero Joseph Verguin (1701-1777) y el dibujante Jean Louis de Morainville (1707-c. 1774) quienes colaborarían en los levantamientos y cálculos. También se incorporaron Jacques Couplet (c. 1718-1738) hijo de un académico y Jean Godin de Odonais (1713-1792) primo del jefe de la expedición, como inexpertos ayudantes multitarea. Las crónicas ignoran a los criados; solo sabemos que varios murieron durante los trabajos, dos de ellos de forma violenta.



Figura 1. Imagen de la obra de La Condamine *Journal du Voyage fait par ordre du roi à L'equateur en el que se combinan los instrumentos de medición entre el exótico paisaje americano*. Fuente: Biblioteca Nacional de Francia (BNF)

Las mediciones ecuatoriales podían haberse realizado en diferentes lugares del mundo, aunque por cuestiones prácticas y políticas se eligió el territorio correspondiente a la Real Audiencia de Quito, hoy Ecuador. El rey francés Luis XV solicitó permiso a España para que los científicos efectuasen las comprobaciones en sus dominios. A pesar de las cordiales relaciones que vivían los dos países, cuyos monarcas –ambos borbones– estaban unidos por vínculos familiares, el gobierno español sospechaba que era una excusa para espiar los territorios de ultramar y meditará la respuesta. Algunos ministros estimaron la importancia que tales averiguaciones tendrían para los viajes comerciales y presionaron para que la contestación fuese positiva. Felipe V autorizó aquella expedición, especificó su aportación económica y decidió vigilar de cerca a los franceses enviando «uno o dos sujetos inteligentes en la matemática y la astronomía». Se eligió a dos cadetes de 21 y 18 años de edad, Jorge Juan (1713-1773) y Antonio de Ulloa (1716-1795) que estudiaban en la Escuela de Guardiamarinas de Cádiz, un centro elitista donde los cachorros de la aristocracia se preparaban para dirigir los barcos de la armada. Eran los más listos de la clase (el mote de Juan era Euclides), habían estado embarcados –incluso participaron en batallas navales– y sabían hacer lecturas astronómicas elementales. Existían dos inconvenientes: tenían quince años menos que los académicos franceses y unos conocimientos matemáticos notablemente

inferiores. Para equilibrar la balanza les subieron el sueldo y cuatro grados en el escalafón militar, convirtiéndoles de la noche a la mañana en tenientes de navío. Recibieron unas instrucciones escritas y otras secretas por las cuales debían marcar férreamente a los «astrónomos franceses y asistir con ellos a todas las observaciones y mapas que se hicieren». De paso, redactarían un diario de sus navegaciones, determinarían las coordenadas de los puertos visitados, cartografiarían las ciudades, inspeccionarían las defensas de los territorios americanos, informarían sobre el gobierno de las autoridades coloniales, aportarían informes sobre minería, botánica, astilleros, etc. y propondrían las reformas necesarias para consolidar el dominio de España. No solo cumplieron su cometido de vigilantes; absorbieron como esponjas el saber de los académicos y participaron en las mediciones, convirtiéndose en dos científicos ilustrados, fieles funcionarios de la corona hasta su muerte.

El viaje de ida hasta Quito

El grupo español, formado por siete personas, partió de Cádiz en mayo de 1735 y tras un mes de navegación alcanzaron el puerto de Cartagena de Indias (Colombia). Mientras esperaban al equipo francés trazaron un mapa de la ciudad y realizaron observaciones astronómicas empleando los arcaicos instrumentos disponibles, pendientes de recibir otros más modernos que se estaban construyendo en París y que llegarán con un par de años de retraso. Los galos se presentaron cinco meses después, tras hacer algunas escalas para ejecutar mediciones astronómicas, operaciones de contrabando y comprobar el efecto de las fiebres tropicales: Jussieu y Godin des Odonais las sufrieron levemente, La Condamine estuvo grave y dos criados, más un soldado de la escolta perecieron.

Disgustados por la falta de sirvientes, se compraron varios esclavos negros que formaron parte de la expedición hasta el final, provocando un serio problema contable al ser vendidos. Todos juntos embarcaron hacia Portobelo, desde donde cruzaron a pie la selva panameña para alcanzar el Océano Pacífico. En esta primera toma de contacto con el territorio descubrieron lo inexpugnable de la flora y un amplio muestrario de animales exóticos (tigres, pumas, coatíes, tucanes, papagayos, monos, serpientes y cocodrilos), siendo especialmente salvajes los mosquitos y los alacranes (de todos los colores) cuyas picaduras en los pies impedían caminar durante tres días. También se dieron cuenta de lo excesivo del equipaje. Necesitaron más de 30 mulas para llevar todos los bártulos traídos desde Francia: ropa, tiendas de campaña, colchones, vajilla, útiles de cocina, armas, nueve barriles de aguardiente y un sinnúmero de complementos. A esto había que sumar todos los aparatos imaginables metidos en sus correspondientes cajas: desde péndulos hasta barómetros, pasando por instrumentos astronómicos, geodésicos y topográficos.

Al llegar a la costa del Pacífico contrataron barcos para llegar a Guayaquil (Ecuador) aunque el precio y la escasez de las embarcaciones les retrasaron tres meses, que fueron aprovechados para realizar mediciones conjuntas. Desde el primer día surgieron diferencias sobre los lugares más adecuados y los métodos a emplear, lo cual dividió a los franceses y provocó un ambiente de rencor y rivalidad que empeoraría con el tiempo. Para empezar, cada académico se dirigió a Quito por un camino distinto y los españoles optaron por ir con Godin, el jefe de la expedición. Las crónicas de los tres viajes por tierra son un catálogo completo de quejas y dificultades: la comida repleta de picante, la falta de vino, las lluvias torrenciales, las selvas inexpugnables y sobre todo el acoso incesante de los mosquitos que les dificultaban las observaciones



Figura 2. Medición de ángulos empleando el cuarto de círculo. Fuente: La Condamine, *Journal d'un voyage...* (1751), BNF

astronómicas cegando sus ojos, tapando sus fosas nasales y picando donde encontraban hueco. La habitual presencia de estos insectos daba nombre a muchos parajes y quedará reflejado en los mapas. Los relatos narran cómo buscaban la luz del sol con hachas, caminaban con la brújula en la mano y necesitaban resguardarse todas las tardes de los violentos aguaceros. Juan y Ulloa cruzaron las planicies cercanas al volcán Chimborazo (6 263 m) donde el sufrimiento de los bichos fue sustituido por ascensiones interminables, caminos embarrados, vertiginosos puentes colgantes y frío, mucho frío en comparación con los calores de la costa tropical. En mayo de 1736, tras un año de viaje, llegaron a Quito, una ciudad comercial de 40 000 habitantes, situada a 2 800 m de altitud y calificada por los jóvenes marinos «como las de segundo orden de Europa». Allí convivían varias etnias (negros, mulatos, indígenas, españoles –llamados chapetones– y criollos) dentro de una rigurosa jerarquía social que provocaba enfrentamientos entre los gobernadores locales, la aristocracia criolla (españoles nacidos en América) y la iglesia. A su llegada encontraron la amistad de algunos ilustrados, nobles y comerciantes, pero fueron recibidos con recelo por las autoridades, quienes los consideraban espías de la metrópoli; sospechaban que su objetivo era la búsqueda de metales preciosos, les advirtieron que pusiesen sus ojos en el cielo, lejos de la tierra y designaron alguaciles para vigilar sus movimientos.

Mientras el grupo viajaba hacia el Ecuador, la Academia parisina decidió

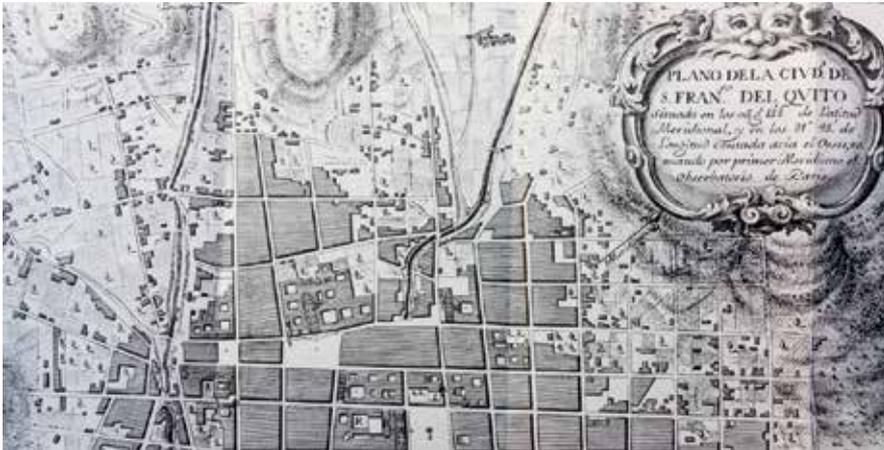


Figura 3. Detalle del plano de Quito realizado por Jorge Juan y Antonio de Ulloa, publicado en la *Relación Histórica del viaje a la América Meridional* (1748). Fuente Biblioteca Nacional de España (BNE)

enviar otra expedición a Laponia para confirmar el achatamiento polar. Tras ocho meses de preparación, en abril de 1736 salió en dirección a Suecia un equipo formado por acreditados científicos franceses (Clairaut, Lemmonier, Camus y Outhier) dirigidos por Maupertuis y acompañados por Celsius como representante local. Las mediciones comenzaron justo cuando el equipo franco-español estaba llegando a Quito y terminarán al cabo de un año. Maupertuis fue dosificando los comunicados para mantener el interés del público y al regresar a París publicó los resultados confirmando el achatamiento polar. Su informe eclipsó el objetivo de la expedición americana, que perdió el protagonismo antes de empezar.

Los trabajos previos

La primera tarea, previa a las mediciones geodésicas, fue organizar los asuntos económicos, que se convirtieron en una constante pesadilla; al llegar a Quito ya habían gastado los fondos iniciales otorgados por el rey de Francia y fue necesario conseguir préstamos para continuar la misión. La falta de dinero provocó –como en casi todas las facetas de la vida– muchos problemas y los científicos

franceses terminaron por empeñar su fortuna personal o buscaron soluciones alternativas (legales e ilegales) cuando el gobierno francés no les mandaba dinero y el español no les fiaba⁽¹⁾. Algunos contrajeron importantes deudas con el tesoro español o con los comerciantes locales y fueron retenidos en América, donde trabajarán para las autoridades hasta completar la devolución de los préstamos. La falta de planificación demostrada en las cuestiones monetarias se extendió a otros ámbitos, dando lugar a tremendos enfrentamientos entre los miembros del equipo. Godin fue un desastre como organizador: consideró que las comprobaciones solo durarían dos años, fue incapaz de conseguir la financiación necesaria, no supo resolver las disputas y se le recriminaron muchas cosas, entre ellas el haber gastado parte del dinero comunal en agasajar escandalosamente a una señorita experta en asuntos sexuales. Ante tanta incompetencia, La Condamine –hijo de un recaudador de impuestos– se encargó de las negociaciones económicas, utilizó sus fondos personales como aval y terminó prestando dinero a sus compañeros. Juan y Ulloa cobraron con una regularidad intermitente, empañada

⁽¹⁾La Condamine y otros componentes de la expedición fueron acusados –y finalmente absueltos– de contrabando por vender productos adquiridos a comerciantes franceses y criollos tales como joyas, telas y complementos.

por largos retrasos, discusiones y un pleito judicial contra las autoridades locales, que fue reseñado lacónicamente en sus crónicas como «algunas diferencias». El ambiente era áspero: los franceses estaban peleados entre sí y desconfiaban de los españoles; las autoridades americanas sospechaban de todos y ralentizaban cualquier gestión; los gobiernos de España y Francia cerraban los ojos –dicen que la distancia es el olvido...– y no resolvían las necesidades de los expedicionarios, quienes sobrevivieron como pudieron durante diez años hasta dar por finalizadas las mediciones.

Los trabajos consistían en determinar la longitud de un arco de meridiano que superaba los 3° (cerca de 400 km) entre Quito y Cuenca empleando el método de triangulación, que luego se comprobaría estableciendo la diferencia de latitud entre las ciudades mediante observaciones astronómicas. Las dos tareas eran laboriosas, la primera por su dureza y la segunda por su lentitud, pues exigía cielos limpios y cientos de visuales. En ambos casos los científicos descubrieron problemas en los métodos y en los instrumentos, siendo necesario aplicar correcciones para mejorar las limitaciones técnicas. Además de las operaciones geodésicas y celestes, midieron altitudes con el barómetro, analizaron la trayectoria de la eclíptica, la influencia de la gravedad, el movimiento de la tierra, la velocidad de la luz, del sonido, las oscilaciones del péndulo y redactaron descripciones botánicas, geológicas, geográficas, médicas y antropológicas. Durante largos meses prepararon la logística: probaron los instrumentos y los hallaron maltrechos, rotos y averiados después de varios meses a lomos de mulas; los repararon, calibraron y ajustaron; organizaron los futuros viajes; estudiaron el territorio, eligieron los vértices y probaron la metodología. La cadena de triángulos discurriría en dirección norte sur, sobre dos cadenas montañosas paralelas con cumbres de hasta 6 000 m que facilitarían la

visibilidad entre los puntos. No obstante, la climatología y el terreno se encargaron de elevar el listón de las dificultades. Mientras diseñaban la estrategia, decidieron medir la primera base de la triangulación en unos llanos cercanos a Quito. Fue el ensayo general –brevemente interrumpido por el fallecimiento de Couplet en septiembre 1736⁽²⁾– donde afloraron todos los problemas que serán habituales hasta el final: falta de organización, financiación escasa e irregular, roces con las autoridades coloniales, enfermedades poco conocidas (la *culebrilla*, el *pasma*, el *vómito negro*), climatología hostil, descomunales montañas y sobre todo, continuos enfrentamientos entre los académicos por motivos profesionales y personales. Para medir la base se dividieron en dos grupos, uno bien avenida formado por Godin y Juan (ayudados por Hugot y Godin des Odonais), *contra* otro en el que Ulloa hubo de sufrir el desprecio y las peleas entre de Bouguer y La Condamine, auxiliados por Verguin y un criado que sustituyó al finado Couplet. Esta distribución permanecerá fija hasta el final de los trabajos, facilitando la labor de vigilancia sobre los franceses. Para medir la base emplearon unas perchas de madera construidas por ellos mismos y calibradas con el patrón de una *toessa* (1,946 m) que habían traído de París. Los dos equipos obtuvieron longitudes muy similares, verificándose así la validez de las operaciones. Los botánicos y el dibujante Morainville apenas participaron en las mediciones y se dedicaron a compilar un herbario. Seniergues ejerció como médico y cirujano, obteniendo unos suculentos ingresos extraordinarios, mientras que Jussieu –quien desarrolló una importante tarea humanitaria– le sacó poco rendimiento a sus labores sanitarias.

⁽²⁾Falleció de un «quebranto en la salud» (probablemente malaria) asistido por Godin y Juan, mientras sus compañeros franceses, deseosos de ganar tiempo, comenzaban las exploraciones de la base en Yaruquí. Su muerte no mereció ni una línea en los relatos de Bouguer o La Condamine y se desconoce el lugar del enterramiento.



Figura 4. Vista de la llanura de Yaruquí, al pie de las cumbres andinas, donde se midió la primera base de la triangulación. Fuente: La Condamine, *Journal d'un voyage...* (1751), BNF

La triangulación y las observaciones astronómicas

Ninguno de los presentes era experto en trabajos geodésicos, aunque se familiarizaron rápidamente con la práctica. Se estudió el terreno y se hizo un proyecto, eligiendo los posibles vértices y dibujando el esquema de la red sobre un mapa. Verguin fue uno de los principales artífices de la planificación, que resultó poco adecuada porque algunos puntos no eran visibles entre sí, obligándoles a buscar otros cerros y hacer nuevas observaciones. Casi toda la triangulación se hizo entre 1738 y 1740, midiéndose dos bases principales, varias auxiliares y cientos de ángulos, para los que emplearon un cuarto de círculo con antejo y micrómetro que lograban precisiones medias de 20". Las diferencias entre los grupos eran constantes y no se pusieron de acuerdo ni en los vértices a emplear, por lo que en algunos tramos diseñaron triángulos diferentes. Corrigieron sus observaciones de los errores instrumentales, de las variables atmosféricas, de las dilataciones de los materiales, de la influencia de la altitud y de otras distorsiones que no se habían contemplado hasta entonces, logrando importantes avances en el desarrollo de la geodesia. Para las punterías construyeron

torres de madera pintadas de blanco, pero los percances sufridos (eran robadas por los indios o rotas por el viento y las tormentas) les obligaron a usar las tiendas de campaña como vértices de los triángulos, mientras ellos dormían en pequeñas carpas contiguas o en chozas de pastores.

Aquellos elegantes caballeros, al llegar a las montañas abandonaron sus pelucas y casacas para vestirse con ponchos como los nativos, sin olvidar jamás sus exquisitos modales y manteniendo el trato *de usted*. Anotaron en sus libros los valores medidos y junto a ellos reseñaron las dificultades sufridas al colocar las señales y observar los ángulos: desfallecimientos en las larguísimas ascensiones, el mal de altura o *soroche*, accidentes, falta de alimentos, plagas de mosquitos, pulgas, garrapatas, cucarachas y chinches, vientos huracanados que tiraban los instrumentos y las señales, espectaculares tormentas de lluvia, nieve y granizo, el peligro de los rayos, nieblas interminables, erupciones volcánicas, movimientos sísmicos, mucho frío en las cumbres –donde podían permanecer semanas a la espera de cielos claros⁽³⁾– y como consecuencia de todo esto, penosas enfermedades. Tantos eran los inconvenientes que los ayudantes y guías locales desertaban, dejándolos solos en mitad de la faena. Los únicos que aguantaron al pie del cañón fueron los esclavos negros, que coronaron todas y cada una de las cumbres. En tales

⁽³⁾Bouguer explica en su libro que un mes y medio de nieblas se vio recompensado con 15 minutos de buen tiempo.



Figura 5. Los científicos que acudieron a medir el meridiano fueron bautizados como los caballeros del punto fijo, porque según los locales, buscaban el lugar exacto donde se hallaba el ecuador. En esta lámina se observan diferentes empleos del cuarto de círculo. Fuente: *Observaciones astronómicas y físicas* (1748), BNE

condiciones los aparatos debían ser ajustados y reparados continuamente, cada cierto tiempo necesitaban bajar a Quito o Cuenca para abastecerse y recuperarse de las enfermedades, del agotamiento que produce la falta de oxígeno en las alturas o de las lesiones producidas al caer entre las rocas (Ulloa y Godin sufrieron largas convalecencias). Los nativos fueron indiferentes al asunto de las mediciones, aunque los consideraban medio brujos; una familia, al verlos con tantos instrumentos,

les rogó que aplicasen su magia para localizar el burro que habían perdido.

A veces los trabajos se interrumpían por falta de fondos, y entonces el habilidoso La Condamine marchaba a Quito o Lima a negociar. Aquellos descansos no estaban exentos de sobresaltos, como el asesinato –en mayo de 1738– del criado negro de Bouguer a manos de un mestizo, sorprendentemente absuelto tras considerarse que había sufrido un arrebato de locura transitoria. Uno de los más



Detalle de la Carta De la Meridiana medida en el Reyno de Quito (1748) donde se dibujó aquella triangulación cuyos vértices se asentaban sobre las cumbres de los Andes. Los triángulos principales van con línea continua (30 en total), los auxiliares con trazo discontinuo, los caminos mediante puntos y los núcleos urbanos se diferencian mediante signos convencionales distinguiéndose entre «pueblo», «anexo» y «hacienda». Hemos marcado en rojo la base de Yaruquí y la posición de Quito. El relieve se representó mediante normales, hay signos convencionales para la vegetación y se muestra una red fluvial muy esquemática cruzada por algunos caminos y puentes. Fuente: *Relación Histórica...* BNE.

singulares parones laborales fue motivado por un rifirrafe que enfrentó a Juan y Ulloa contra el presidente de la Audiencia de Quito y su tesorero, a cuenta de ciertos retrasos en la nómina y el pago del transporte de unos baúles con instrumentos que llegaron en enero de 1737. Desembocó en una trifulca monumental, con peleas, pistolas, espadas, persecuciones, fugas a medianoche, la mediación del virrey y un pleito por desacato que tras varios años fue sobreseído. El periodo de mayor inactividad –al menos para los españoles– ocurrió después de la triangulación, cuando se iniciaban las operaciones astronómicas. Inglaterra y España estaban en guerra desde 1739 y los marinos hispanos fueron reclamados por el virrey en tres ocasiones –entre 1740 y 1744– para colaborar en la defensa de los desgarnecidos puertos americanos y comandar algunas naves de la raquítica flota que defendía el Pacífico⁽⁴⁾. La respuesta a la primera llamada se retrasó levemente debido a los quehaceres astronómicos y a la necesidad de cobrar su nómina. Luego recorrieron el trayecto entre Quito y Lima (hoy separadas por 1.800 km de serpenteantes carreteras) en dos meses escasos, efectuando por el camino algunas observaciones astronómicas. Fue toda una aventura, cruzando ríos imposibles, precipicios, selvas, desiertos y lugares sin agua potable, acompañados siempre por los fieles mosquitos y superando graves percances, como el que obligó a Ulloa a viajar malherido durante semanas tras caerse de una mula por un barranco. Al llegar a Lima el enfermo se recuperó rápidamente. Prueba de ello es la detallada reseña de ropa y lencería que vestían las señoritas de esta ciudad, comparándola con las prendas empleadas en otras localidades americanas. Jorge Juan era más

⁽⁴⁾Se la llamó la Guerra de la oreja de Jenkins. Una fragata española apresó al pirata en las costas de Florida. Tras atarle al mástil, el capitán le segó la oreja mientras gritaba que haría lo mismo con su rey. Jenkins se chivó al monarca inglés enseñándole el apéndice mutilado que guardada en un frasco. Se dice que esta fue la excusa que animó a Inglaterra a declarar la guerra a España.

parco en cuestión de mujeres, acaso por pertenecer desde los 13 años a la Orden Militar de san Juan de Malta, que imponía un estricto voto de castidad. Además de estos asuntos cortesanos, organizaron la defensa de los principales puertos, cartografiaron ciudades y dirigieron la construcción de un navío. Después de casi un año, en septiembre de 1741 regresaron a Quito para continuar con sus trabajos, pero los académicos, que seguían a la greña, habían avanzado poco: intentaban resolver los serios problemas mecánicos que afectaban a los aparatos astronómicos y La Condamine estaba ocupadísimo en la construcción de unas pirámides destinadas a recordar el logro científico que protagonizaban. El texto de la placa conmemorativa era –a juicio de los españoles– irrespetuoso con el monarca y con ellos mismos, pues figuraban como simples ayudantes. Cursaron una denuncia que paralizó las mediciones temporalmente y terminó, después de muchos años, tiras y aflojas, con la destrucción de los monolitos. En el fragor de esta batalla judicial, el virrey volvió a exigir la presencia de los marinos, que ahora tuvieron una participación más activa en el conflicto. En este periodo (1742-1744) hicieron mapas y cartas, defendieron puertos y gobernaron dos naves mercantes, de nombres *Belén* y *Rosa*, transformadas en buques de combate para perseguir a la amenazadora flota inglesa, aunque por fortuna nunca se enfrentaron con sus enemigos. Terminado el peligro se les autorizó para regresar a sus quehaceres geodésicos; navegaron impacientes hasta Guayaquil y alcanzaron Quito cuando varios colegas de la expedición habían comenzado el retorno a Europa. Allí permanecía el meticuloso Godin, hipotecado hasta las cejas, quien decidió ampliar la triangulación y terminar de medir la latitud de Cuenca⁽⁵⁾. Los tres

⁽⁵⁾Debido a los errores en los instrumentos traídos de Francia, fue necesario construir otros nuevos y realizar numerosos ajustes. Esto retrasó los trabajos y tardaron casi cuatro años en medir la latitud de dos puntos.



Figura 6. Mapa realizado por La Condamine que comprende la cuenca del Amazonas desde el Atlántico al Pacífico, incluido en su libro *Extracto del diario de observaciones hechas en el viaje de la provincia de Quito que amplía el resumen del periplo ecuatorial leído en la Academia de París*. Fuente: BNE.

trabajaron juntos desde enero hasta mayo de 1744, fecha de finalización de todas las mediciones. Entonces cada uno de los integrantes de la expedición buscó por su cuenta la forma de regresar: unos partieron inmediatamente y otros permanecieron en el virreinato esclavos de sus deudas o de sus corazones.

El viaje de regreso de Bouguer y La Condamine con la polémica en París

Acabada su tarea, Bouguer y La Condamine retornaron cada uno por su lado, dejando a sus compañeros abandonados. Bouguer fue el más rápido; navegó hasta Panamá, cruzó la selva y después de una travesía a bordo de un barco que traficaba con esclavos, alcanzó París en agosto de 1744 sin grandes incidentes. Nada más llegar, leyó en la Academia un resumen de sus mediciones atribuyéndose todos los méritos, pero era demasiado tarde para deslumbrar al mundo con unos resultados que ya

habían sido confirmados ocho años atrás, en la expedición a Laponia. La Condamine optó por una ruta más arriesgada propuesta anteriormente por Godin; se adentró en territorio portugués, descendió el Amazonas (allí conoció el caucho y con él fabricó una bolsa para guardar su cuadrante), llegó a Cayena y viajó en un mercante que transportaba café hasta Ámsterdam. Desde allí se trasladó a Francia, donde llegó a principios de 1745 tras nueve años y medio de ausencia. En París descubrió la jugarreta de su colega y ambos se enzarzaron en una inútil maraña de acusaciones que no despertó la atención del respetable. Visto el desinterés de sus colegas en las mediciones ecuatoriales, La Condamine modificó su estrategia y convirtió su discurso matemático en una aventura científica dirigida al gran público en la que combinaba las dificultades y peligros vividos con datos etnográficos, geológicos, geográficos y mapas. Triunfó con sus libros y sobre todo en las emocionantes conferencias aderezadas con aspavientos, ironías y chistes, eclipsando los aburridos discursos científicos de sus compañeros. Aprovechó para dar cera a diestro y siniestro afianzando nuestra leyenda negra: criticó a los gobernantes americanos, detalló el maltrato a los indígenas, se burló de la incultura, de la corrupción, de la pésima calidad de los

alimentos y además trató de “niñatos” engreídos a sus dos compañeros españoles.

El retorno de Jorge Juan y Antonio de Ulloa

Jorge Juan y Antonio de Ulloa partieron desde Lima en una flotilla francesa que atravesaría el Cabo de Hornos viajando en buques diferentes. Las naves se separaron y las suertes fueron diversas. El primero cruzó el Atlántico sin excesivas dificultades; llegó a Brest en octubre de 1745 y se dio un garbeo por París para comunicar a la Academia sus resultados y ciertas particularidades de las observaciones astronómicas. Conseguido su objetivo y convertido en miembro de la flamante institución gala, dio por finalizada la excursión y se dirigió a Madrid, donde llegó en marzo de 1746. Ulloa tuvo un regreso accidentado: su navío fue capturado por una flota inglesa cerca de Terranova y decidió arrojar por la borda «todos los planos y noticias que pudiesen ser de perjuicio si los ponía en manos de los enemigos», aunque conservó las mediciones. Fue apresado y trasladado a Inglaterra, donde su cautiverio fue liviano: respetado como un gran científico, encontró la amistad de los sabios británicos, muy interesados en las operaciones geodésicas. Su colaboración le convirtió en miembro de la Real Sociedad Británica, fue liberado y le devolvieron todos sus papeles, regresando a Madrid en julio de 1746 tras doce años de ausencia. Juan y Ulloa fueron recibidos en España con indiferencia. El panorama político había cambiado; Felipe V acababa de ser enterrado y su mentor (el ministro Patiño) había fallecido diez años atrás. Por suerte le había sustituido el Marqués de la Ensenada, quien terminó confiando en ellos y los empleó

como artífices de sus grandes proyectos reformistas. Los ya no tan jóvenes marinos se reunieron, compartieron sus datos y redactaron a destajo los pormenores de la expedición en un mamotreto publicado conjuntamente en 1748. Juan se encargó de explicar las mediciones geodésicas y Ulloa de la descripción histórico-geográfica. Los libros fueron convenientemente dirigidos, reorganizados y censurados por un jesuita (el padre Burriel) por lo que no encontraremos ni una palabra de las peleas e incidentes comprometedores ocurridos durante la expedición. Ulloa tuvo problemillas con su texto pues Burriel redactó diecinueve folios enumerando los defectos narrativos y morales encontrados. Había críticas sobre el fondo, la forma y muchas sugerencias; sirva como ejemplo una amonestación por la ausencia en el texto de la impecable labor misionera de santa Rosa de Lima, o los reparos ante la obscena descripción de la cópula de los lobos marinos, que fue eliminada sin contemplaciones. Casi todas las pegas se resolvieron con las pertinentes correcciones y adiciones, pero otras fueron ignoradas para acelerar la publicación. Jorge Juan salió peor parado al sufrir el látigo de la inquisición en varios asuntos científicos que chocaban con la religión, sobre todo al explicar la herética teoría de Copérnico. La censura hizo que cualquier alusión al heliocentrismo fuese acompañada de la coletilla *hipótesis falsa*, aunque la traducción francesa indicó que tal comentario se había añadido sin el consentimiento del autor. Juan se sintió muy ofendido con las manipulaciones del cura y le disgustaron tanto los parches propuestos para resolver los conflictos entre ciencia y fe, que le guardó un sincero rencor durante toda su vida.

El grueso volumen resultante, dividido en dos partes, será la primera obra que detallaba la expedición al Ecuador, porque Bouguer y La Condamine, enfrentados en un debate interminable, no habían encontrado tiempo para publicar sus trabajos. Juan y Ulloa fueron premiados

con el ascenso a capitanes de fragata y se incorporarán a los proyectos reformistas. Habían pasado de militares cualificados a científicos reconocidos y seguirán una trayectoria ascendente en la que comenzaron practicando el espionaje industrial, continuaron dirigiendo obras de ingeniería y terminaron ocupando altos cargos en diferentes instituciones, desde las cuales intentaron mejorar la casposa y obsoleta formación científica que se impartía en nuestro país. Redactaron unas *Instrucciones* para formar un mapa nacional siguiendo el modelo francés y en 1751 un *Método de levantar y dirigir el mapa de España*, que fue olvidado tras la destitución de Ensenada. Jorge Juan, autor del último tratado, se vio infectado por la maldición cartográfica que siempre ha azotado a nuestro país y cayó en desgracia, pero fue *rescatado* para misiones técnicas, diplomáticas y de asesoramiento. Publicó varios tratados sobre navegación, mejoró la enseñanza en la escuela de Guardiamarinas, hizo numerosos viajes para supervisar obras de ingeniería o trabajos navales y cumplió todas las misiones encomendadas



Figura 7. Ilustración de la *Relación histórica del viaje a la América Meridional* (1748) con cuatro figuras que representan las artes empleadas en la expedición: la navegación, la astronomía, la geometría y la trigonometría

a pesar de una larga enfermedad que le iba paralizándolo y que terminó con él a los 60 años, tras un ataque epiléptico. Antonio de Ulloa colaboró igualmente en las tareas reformistas de Ensenada, dirigió una mina americana, fue gobernador en Luisiana y comandante de la flota de las Azores. Aunque en su trayectoria profesional alternó luces con sombras, terminó convertido en un héroe nacional. Contrajo matrimonio a los 51 años con una adinerada mocita limeña y falleció veintiocho años después, dejando un testamento repleto de cariñosos consejos para sus hijos a quienes recomendaba que se casasen jóvenes. Siguiendo los consejos paternos, tres de los varones fueron ejemplares militares y esposos –uno llegó a ser ministro de Marina durante el reinado de Isabel II– y su niña conquistó a un elegante marqués.

Después de la expedición

La historia solo cuenta las gestas de los triunfadores, olvidando a los segundones y a los subalternos, que en este caso habían quedado abandonados a su suerte. Algunos de los fallecidos en el transcurso de la expedición –Couplet en 1736 y varios ayudantes– quedaron en el olvido, pero otros son recordados por su dramático final. Es el caso del cirujano Seniergues, apaleado y apuñalado en las fiestas de Cuenca en el verano de 1739. Hay diferentes versiones, aunque todas coinciden en que sus provocaciones y los amoríos con una moza de nombre Manolita y apodo «la Cusinga», desató las iras de familiares, rivales y pretendientes, quienes se tomaron la justicia por su cuenta. Después de dejar inconsciente al francés fueron a linchar al resto de la expedición, que tuvo que salir por pies. Cuando se calmó el motín recogieron al herido, cuya muerte sucedió cinco días después y dio lugar a un juicio en el que muchos de los condenados se fugaron a la

mayor brevedad y sin consecuencias. No podía faltar una tierna historia de amor –aderezada con toneladas de fantasía– protagonizada por Godin de Odonais, quien se casó en 1741 con Isabel, una radiante damita de 14 años perteneciente a la nobleza criolla y se quedó a vivir en el Perú. En 1749 decidió regresar a Francia y se adelantó para facilitar el viaje de su mujer e hijos. Siguió la ruta del Amazonas y tras perder todo cuanto llevaba fue retenido en la Guayana, donde sólo al cabo de 15 años pudo enviar a su esposa un incierto mensaje para que se reuniese con él. Isabelita organizó una expedición compuesta por 42 individuos, entre hermanos, primos, amigos y criados, que se fue diezmando a base de muertes y fugas hasta que solo quedó ella. Unos nativos la encontraron vagando por la selva semidesnuda, famélica, agotada –aunque armada con un machete– y la llevaron a una misión; allí encontró los contactos y los medios necesarios para alcanzar la desembocadura del río, donde halló a su marido perdido. En la primavera de 1773, cuando la dama comenzaba a recuperarse de los males contraídos en la jungla, la pareja navegó hasta Francia, se instalaron en la mansión familiar, vivieron felices y comieron perdices durante veinte años, aunque ella conservó importantes dolencias físicas y psíquicas como resultado de su periplo por el Amazonas. Esta es la novelesca versión difundida por La Condamine, pero hay lenguas de doble filo que enturbian tan melosa historia, insinuando que Godin se casó para aliviar su penosa situación económica, dilapidó la fortuna de su santa esposa en operaciones especulativas y marchó a la Guayana –como quien se va a por tabaco– para intentar recuperar la fortuna perdida.

De los que retornaron a la metrópoli el mejor parado fue Verguin, quien siguiendo la misma ruta que le había llevado a América, llegó sin incidentes reseñables a Francia en 1745. Allí descubrió que su mujer había fallecido y tras recuperar a sus hijos, volvió a casarse, ejerció como

ingeniero civil y fue nombrado Académico. El botánico Jussieu permaneció 25 años más en el Perú practicando la medicina y recogiendo muestras de plantas. Algunos historiadores consideran que sufría depresiones y crisis bipolares que le llevaron a vagabundear por Sudamérica. Intentó regresar a Francia varias veces, pero siempre encontraba un motivo humanitario que se lo impedía. En una de las ocasiones, cuando estaba a punto de regresar con Godin, descubrió la explotación de los trabajadores de las minas de plata de Potosí, que con los vapores del mercurio empleado en la extracción, padecían graves dolencias. Olvidó el retorno y se ocupó de los enfermos hasta alcanzar el mismo deterioro físico y psíquico que sus pacientes. Continuó ejerciendo la medicina –con especial dedicación a las epidemias– hasta que perdió gran la salud y el juicio. Sus amigos le obligaron a embarcar rumbo a París convenciéndole de que cuidarían su inmenso catálogo de plantas. Cuando llegó a casa era incapaz de reconocer a su familia y murió lentamente, sin enterarse de que gran parte de las muestras botánicas que había recopilado durante 35 años habían sido quemadas como cachivaches inservibles. Otros miembros del equipo se vieron retenidos por las deudas, por compromisos personales y no regresaron jamás. Es el caso de Morainville, quien trabajó como ingeniero en el virreinato americano y falleció aplastado por una viga en 1774, mientras construía una iglesia. Era un gran dibujante al que se le atribuye el primer boceto de la planta que produce la quinina, un plano de Quito (1741) y el diseño de algunos edificios. Compartió tareas profesionales con Hugot, colaborando en la explotación de una mina de plata que no resultó rentable y se dice que desapareció en la jungla alrededor de 1781. Estaba casado con una peruana y uno de sus nueve hijos participó en el movimiento independentista de Ecuador.

Los principales expedicionarios tuvieron una vida larga y gloriosa. La Condamine, que era un gran



Figura 8. Paisaje selvático de la provincia de Panamá incluido en la Relación Histórica del viaje a la América Meridional, donde se detallan los exóticos animales encontrados Fuente: BNE

comunicador, alcanzó gran éxito con sus libros y conferencias sobre la travesía por el Amazonas, a la que comparaba con la bajada de Dante al infierno. No salió indemne del viaje, pues perdió dinero, quedó cojo y medio sordo, pero conservó su vitalidad: desarrolló numerosas investigaciones (desde la antropología a la medicina) a cual más excéntrica, mantuvo una intensa vida social y al cumplir los 68 años se casó –bendecido por el Papa– con una sobrina cincuenta años menor. No sabemos si fue debido a causas naturales o por los esfuerzos maritales, poco después de contraer nupcias sufrió una apoplejía que le restó movilidad y tras una operación fallida (unos dicen que en la cabeza y otros sobre una hernia) se fue a la tumba. Al final de su vida había recuperado la amistad de los marinos españoles, a quienes obsequió con información, consejos y regalos: Ulloa recibió varios libros y Jorge Juan exóticos remedios (aceite de oso o crema de serpiente) para aliviar sus recurrentes «cólicos biliares convulsivos» y mitigar la parálisis que le atenazaba. Bouguer era el más veterano de la expedición y aunque era un afamado científico, había perdido cualquier protagonismo sobre el viaje ecuatorial. Publicó un libro con sus observaciones

y cálculos titulado *La figure de la terre* (1749), pero sus mayores aportaciones a la ciencia fueron los estudios navales y sobre todo el descubrimiento de las anomalías gravimétricas que ayudaron a determinar la forma de la tierra. Fue laureado hasta el aburrimiento por la Academia de París y murió en 1758, soltero y sin compromiso, de un «absceso al hígado». Godin, víctima de su despreocupación por los asuntos financieros, quedó arruinado, ahogado por los intereses de sus prestamistas y enemistado con muchos miembros de la expedición, quienes le reprochaban su incapacidad para coordinar la expedición y conseguir dinero efectivo. No toda la culpa fue suya: la Academia demostró una nefasta previsión y abandonó a sus eruditos, al tiempo que la administración americana colgó el cartel de *no se fía*, negándoles cualquier adelanto. En su favor hay que apuntar que mantuvo una cordial relación con Juan y Ulloa, fue su mejor maestro y les ayudó a completar las mediciones geodésicas y astronómicas. Sin ser noble, vivió como un marqués, aunque se vio obligado a trabajar ocasionalmente para las autoridades locales en actividades tan variopintas como rescatar el oro de un galeón hundido, enseñar matemáticas en la universidad de Lima o dirigir la

reconstrucción de la ciudad tras el terremoto de 1746. Mientras estaba en América, Godin fue expulsado de la Academia francesa acusado de venderse a un país extranjero y repudiado por su mujer cuando se enteró de la lujuriosa vida que había llevado. Pudo regresar a Europa gracias al gobierno español, que en 1748 liquidó sus deudas con la condición de que se incorporase a la Academia de Guardiamarinas de Cádiz. Aceptó la oferta y comenzó el regreso con Jussieu pasando por Cuzco, Machu Pichu, el lago Titicaca y La Paz. En esta ciudad el botánico, que ya no andaba muy en sus cabales, le indicó que le esperase en Buenos Aires, pues iba a estudiar una zona cercana de los Andes. Tras seis meses sin noticias de su colega, Godin embarcó en un navío portugués, pero un inexplicable suceso le retuvo medio año en Rio de Janeiro y no pudo llegar a Lisboa hasta julio de 1751. Nadie sabe cómo, recuperó a su familia y se estableció con ellos en Cádiz, donde dirigió la Escuela de guardiamarinas y montó el observatorio astronómico. Allí falleció en 1760, dicen que por la tristeza que le produjo ver morir a su hija.

Colofón

Este viaje ecuatorial fue muy complejo y suele calificarse como desastroso, pero tras casi diez años se completó con éxito, algo que no puede decirse de muchos de los proyectos cartográficos españoles efectuados entre los siglos XVI y XIX. Los cinco protagonistas hicieron sus observaciones entre 1738 y 1744, calcularon por separado el valor del grado y demostraron que la tierra estaba achatada por los polos. Sus números resultaron algo exagerados pues el aplanamiento medio se cifró en 1/216, mucho mayor que el 1/300 oficial de nuestros días. Hubo grandes enfrentamientos, recelos profesionales, discusiones sobre los métodos e instrumentos y no siempre compartieron los datos, por lo que la conclusión del proyecto puede considerarse casi un milagro. Jorge Juan y

Antonio de Ulloa se compenetraron en el campo profesional y personal. Durante la expedición siempre estuvieron unidos y posteriormente mantuvieron una cariñosa correspondencia, consultándose sobre asuntos técnicos y administrativos. Gracias a los académicos franceses aprendieron lo más avanzado de muchas disciplinas, desde geodesia a la más sofisticada construcción naval, pasando por el cálculo diferencial, la fabricación de aparatos de precisión o el manejo del péndulo para medir la gravedad. Dejaron de ser militares instruidos para convertirse en científicos comprometidos con su país, dispuestos a afrontar las reformas necesarias para quitarle la mugre a España y conseguir el avance de nuestra ciencia. Y por encima de todo vivieron la aventura más extraordinaria que jamás pudieron imaginar.

Bibliografía

- ANÓNIMO (c. 1750): *Documentos sobre la construcción de dos pirámides en la provincia de Quito, marcando los límites del grado terrestre*. BNE. Mss/7406.
- DIE MACULET, Rosario & ALBEROLA ROMÁ Armando (2013): «Jorge Juan Santacilia. Síntesis de una vida al servicio del estado». *Revista General de Marina*, nº 265, pp. 229-250.
- FERREIRO, Larrie D. (2011): *Measure of the Earth: The Enlightenment Expedition That Reshaped Our World*. Ed. Basic Books, New York, pp. XIX+353.
- GUARDIA, Sara (2012): *Viajeras entre dos mundos*. Ed. UFGD, 944 p.
- GUILLÉN, Julio (1973): *Los Tenientes de Navío Jorge Juan y Santacilia y Antonio de Ulloa y de la Torre-Guiral y la medición del Meridiano*. Ed. Caja de Ahorros de Novelda, Alicante, 274 p.
- HERNÁNDEZ, Raúl (2008): *El matemático impaciente. La Condamine, las pirámides de Quito y la ciencia ilustrada (1740-1751)*. Ed. Instituto francés de estudios andinos. 319 p.
- JUAN, Jorge y ULLOA, Antonio (1748): *Observaciones astronómicas y físicas hechas en los Reinos del Perú...* Impreso por Antonio Martín, Madrid, 396 p.
- JUAN, Jorge y ULLOA, Antonio (1748): *Relación histórica del viaje hecho de orden de su Majestad a la América Meridional...* Impreso por Antonio Marín, Madrid, 603 p.
- JUAN, Jorge y ULLOA, Antonio (1749): *Noticias secretas: sobre el gobierno, administración de justicia, estado del clero y costumbres entre los indios del interior*. Ed. Crítica, Barcelona, 527 p.
- JUAN, Jorge y ULLOA, Antonio (1826): *Noticias Secretas de América, sobre el estado naval, militar y político del Perú y provincia de Quito...* Imprenta de R. Taylor, Londres, 611 p. BNE.
- JUAN, Jorge y ULLOA, Antonio (1978): *Relación histórica del viaje hecho de orden de su Majestad a la América Meridional...* Edición facsimilar. Ed. Fundación Universitaria Española, Madrid, vol. 1, 682 p.; vol. 2, 603 p. + CXCV p.
- JUAN, Jorge y ULLOA, Antonio (c. 1750): *Dissertacion historica, y geographica sobre el meridiano de demarcacion entre los dominios de España, y Portugal...*BNE, Mss/3100, 294 h.
- LA CONDAMINE, Charles (1745): *Extracto del Diario de observaciones hechas en el viage De la Provincia de Quito al Pará, por el Rio de las Amazonas*. Ed. Joan Catuffe, 121 p, BNE.
- LA CONDAMINE, Charles (1751): *Journal du voyage fait par ordre du roi a l'Équateur, servant d'introduction historique a la Mesure des trois premiers degrés du méridien*. Ed. l'Imprimerie royale, Paris BNF.
- LA CONDAMINE, Charles (1921): *Relación abreviada de un viaje hecho por el interior de la América meridional...* Ed. Calpe, Madrid, 229 p.
- LA CONDAMINE, Charles (1945): *Viaje a la América meridional*. Ed. Espasa Calpe, Buenos Aires, 170 p.
- LAFUENTE, Antonio (1983): «Una ciencia para el estado: la expedición geodésica hispano-francesa al virreinato del Perú (1734-1743)», *Revista de Indias* nº 43, Ed. CSIC, pp. 549-629.
- LAFUENTE, Antonio y MAZUECOS, Antonio (1987): *Los caballeros del punto fijo*. Ed. Serbal, Barcelona, 256 p.
- LAFUENTE, Antonio, DELGADO Antonio (1984): *La geometrización de la tierra: observaciones y resultados de la expedición geodésica hispano-francesa al Virreinato del Perú, 1735-1744*, Ed. CSIC, Madrid, 275 p.
- PIMENTEL, Juan (2001): *Viajeros científicos: tres grandes expediciones al nuevo mundo: Jorge Juan, Mutis, Malaspina*. Ed. Nivola, Madrid, 140 p.
- RAMOS, Luis. (1985): *Época, génesis y texto de las 'Noticias secretas de América' de Jorge Juan y Antonio de Ulloa*. Ed. Instituto Gonzalo Fernández de Oviedo, Madrid. Vol. 1, 440 p; Vol. 2, 664 p.
- RUIZ, Mario (2011): «La triangulación geodésica entre Quito y Cuenca de Jorge Juan y Antonio de Ulloa». *Revista de historia naval*, año XXIX, nº 113. Ed. Instituto de Historia y Cultura Naval. Armada Española, 66 p.
- SOLANO, Francisco (1999): *La pasión de reformar: Antonio de Ulloa, marino y científico, 1716-1795*. Ed. Universidad de Cádiz, Cádiz, 458 p.
- SOLER, Emilio (2002): *Viajes de Jorge Juan y Santacilia*. Ed. Ediciones B, 379 p.
- VALVERDE, Nuria (2012): *Un mundo en equilibrio: Jorge Juan (1713 -1773)*. Ed. Marcial Pons, Madrid, 277 p.
- VÁZQUEZ MAURE, Francisco (1982): «Jorge Juan y la cartografía Española del siglo XVIII». *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, Tomo 98. pp. 127-139.
- VVAA (1987): *La forma de la tierra, medición del meridiano: 250 aniversario*. Catálogo de la exposición. Ed. Museo Naval, Madrid, 165 p.
- VVAA (2015): *Antonio de Ulloa: la biblioteca de un ilustrado*. Ed. Universidad de Sevilla, Sevilla, 143 p.

VISITA NUESTRO NUEVO PORTAL



www.obrasurbanas.es

SUSCRIBETE a nuestro Newsletter mensual

**Toda la información actualizada en el portal
más completo del sector**

El cartógrafo que habita en nosotros

Los nuevos atlas demuestran que todo puede ser mapeado, incluso las emociones, al tiempo que la tecnología introduce los conceptos de cartografía participativa y «conectografía»



Detalle del boceto de Manuel Antonio Domínguez para el proyecto «Cada-VER Exquisito» en el stand de ABC Cultural en ARCO'17

«El mapa hace visibles unas cosas y oculta otras, da forma y deforma. Si un cartógrafo te dice 'soy neutral', desconfía de él. Si te dice que es neutral, ya sabes de qué lado está. Un mapa siempre toma partido (...). **En la mesa de los poderosos siempre hay mapas.** Mapas que exhiben para asustar y mapas secretos que jamás muestran. Mapas nuevos llenos de delirios y mapas viejos que empujarán para llamar a la guerra. ¡Cuántas catástrofes han comenzado en un mapa! Buenos tiempos para el cartógrafo, tiempos difíciles para la humanidad».

Un anciano instruye a una niña en *El cartógrafo*, obra teatral de Juan Mayorga, aldabonazo contra la dictadura del olvido que tiene en los mapas su hilo conductor.

Mapas que nos han fascinado desde que el hombre primitivo los trazara con un palo en la arena, creaciones efímeras barridas por el viento y la lluvia. Porque **un cartógrafo habita en cada uno de nosotros.** «La historia no se desenvuelve solo en el tiempo, también en el espacio. Los sucesos 'tienen lugar' en algún sitio», escribe **Karl Schlögel** en *En el espacio leemos el tiempo* (Siruela, 2007). Dice el consenso que el *Imago mundi* babilónico, tallado sobre una tableta de arcilla 600 años antes de Cristo, es el mapa más antiguo de la historia. Y que geógrafos como **Tales de Mileto**, **Eratóstenes** y **Ptolomeo** sentaron las bases

científicas para dar forma y límites al mundo conocido.

Mapas que indican el lugar donde se alimenta un rebaño de mamuts, mapas de los que depende el éxito de un viaje, el triunfo de una batalla, la vida o la muerte, mapas falsos que se dejan robar para confundir al enemigo, **planisferios terrestres y celestes**, portulanos embellecidos con monstruos marinos y rosas de los vientos, mapas que dibujaron los pioneros de lo imposible, que muestran el camino del inca, las ruinas ancestrales, el laberinto verde, las fuentes del Nilo, las huellas de los febriles buscadores de oro, la fosa de las Marianas, los crímenes del gueto de Varsovia... **Atlas de lugares malditos o soñados**, de ciudades perdidas o que no existen, que proponen un viaje bajo la piel, que exploran nuestras emociones. Y, por fin, la *conectografía* que hoy desborda la vieja geopolítica de los estados.

El teatro del mundo

La sala que alberga el departamento de Cartografía de la Biblioteca Nacional de España (BNE) es un pequeño museo en sí misma, una de las zonas más valoradas por los visitantes en las jornadas de puertas abiertas. Vetustas mesas de trabajo y aquí y allá piezas de culto. Un globo terráqueo de madera obra de **Tomás López** (1730-1802), cartógrafo de gabinete que nunca pisó el campo y que dibujaba sus mapas a partir de cuestionarios que enviaba a los pueblos para que los rellenaran el alcalde, el cura o el maestro del lugar. (Sabemos que Napoleón usó planos de López en su campaña ibérica y le penalizaron sus errores). **Un extraordinario mural de Cataluña de 1687** firmado por el ingeniero italiano **Ambrosio Borsari**



Carmen García Calatayud hojea un valioso atlas del siglo XVII en la Biblioteca Nacional

no, el más antiguo que se conserva en planta tan grande, dedicado a Carlos II, dividido en veguerías (distritos de la organización comarcal catalana) y con perfiles de ciudades y croquis de arquitectura militar. Un mapa de fugas de 1939-43, pintado sobre un pañuelo con tinta indeleble, que muestra rutas de escape en España y que, doblado, podía guardarse en un paquete de tabaco, en una bota o en el forro del chaquetón.

Carmen García Catatayud, responsable del departamento, hojea sobre la mesa central un ejemplar del *Nuevo Atlas o Teatro del Mundo* (1659), del holandés **Joan Blaeu**, que fue discípulo de **Tycho Brahe** (1546-1601), el más grande observador del cielo antes de la invención del telescopio. Un enorme volumen iluminado a mano. Los soplonos que representan los vientos (angelotes mofletados, algunos negros para los vientos cálidos, y también viejos barbados para los invernales) sobrevuelan las escenas donde se representan los continentes, cartas náuticas, banderas, barcos, puertos, símbolos de los cuatro elementos (fuego, tierra, aire y agua), líneas de rumbos, instrumentos astronómicos (sextantes, astrolabios), geógrafos y cartógrafos famosos. Toda la familia.

Pulso de sabios

Ptolomeo aparece junto a Copérnico, el pulso entre el modelo de universo geocéntrico y el heliocéntrico. «Blaeu no quiere enfrentarse a la Iglesia, que defiende la teoría de Ptolomeo, pero en su iconografía coloca los planetas alrededor del sol, así que de forma implícita apoya el sistema copernicano»,

desvela García Catatayud. «Eran atlas de tirada pequeña, de unos cincuenta ejemplares, y no para cualquiera». Atlas para reyes, validos y otras personalidades. En *La historia del mundo en 12 mapas* (Debate, 2016), **Jerry Brotton** nos cuenta que, durante siglos, el único modo de aprehender el cosmos fue por medio de la imaginación. «Los cartógrafos no solo reproducen el mundo, sino que lo construyen». Pero lejos de ser objetos meramente científicos, los mapas son ideológicos y subjetivos, y están muy relacionados con el poder y la autoridad. Según el citado libro, un atlas en latín costaba 430 florines si era en color (330 sin color); en francés, 450 o 350 florines. El sueldo anual de un artesano en el siglo

Los mapas son artefactos ilusorios que mienten por interés y por la incapacidad de abarcarlo todo

XVII era de 450 florines (unos 24 000 euros).

La BNE posee **un fondo de casi 200 000 mapas** en hoja suelta, además de 30 000 atlas y 500 000 postales geográficas. «Participamos en subastas y, a menudo, los propios coleccionistas nos ofrecen las piezas», explica García Catatayud. A partir de 1958 y por depósito legal entran dos ejemplares de cada mapa que elabora el Instituto Geográfico, el Centro Geográfico del Ejército, las comunidades autónomas, editoriales, etcétera. Cerca de un millar de nuevos títulos al año. No falta trabajo de catalogación.

En octubre de 2017 la Biblioteca inaugurará la exposición *Cartografías de lo desconocido*, comisariada por **Sandra Sáenz-López y Juan Pimentel**. «Habrá mapas históricos que resultarán familiares a quienes la visiten, y también inéditos», explica Sáenz-López, doctora en Historia del Arte. **Cartografía y arte**, dos disciplinas que hasta el siglo XIX estuvieron estrechamente ligadas (entre decenas de ejemplos, el cosmógrafo **Sebastian Münster** y el artista e impresor **Hans Holbein el Joven** colaboraron en el siglo XVI, y **Alberto Durero** intervino en una de las proyecciones de Ptolomeo). «Queremos expresar dos grandes ideas: los primeros cartógrafos encontraron grandes dificultades para elaborar sus trabajos, ya que no conocían lo que estaban plasmando y se nutrían del relato de viajeros, de la Biblia y otros textos antiguos; y los mapas son objetos que omiten o esconden información, son 'artefactos ilusorios' que mienten por interés político, cultural... y por la incapacidad de abarcarlo todo». Habrá una sección dedicada a otras cartografías: cómo el lenguaje de esos trazadores de cartas ha colonizado nuevos territorios, como el de la anatomía humana o el de las emociones.

Sandra Sáenz-López, que se mueve con GPS, aboga por la **supervivencia del mapa en papel**, «algo difícil de reemplazar, aunque dado el carácter práctico de la cartografía tendrá más importancia lo digital. Los atlas de carreteras se están convirtiendo en piezas de museo».

Tradición y tecnología

José Antonio Rodríguez Esteban, geógrafo de la Universidad Autónoma de Madrid y experto en historia de las exploraciones, afirma que los mapas tradicionales tienen hoy «más sentido que nunca». Lo veo todos los días y es uno de los objetivos en mis clases. Los mapas digitales y el GPS son un sueño inimaginable para «ser» orientados, pero no para «estar» orientados. Los mapas digitales se mueven delante de nuestra vista cada segundo y nos impiden tener una imagen del territorio y de cómo se relaciona y distribuye lo que contiene».



Un mapa que se dibujó a sí mismo, generado por las relaciones de Facebook

La cartografía ha traspasado las fronteras del espacio físico y **se mapean incluso los sentimientos humanos**. «No es cosa nueva, el filósofo checo **Edmund Husserl** puso ya en evidencia el abismo entre la ciencia moderna y el mundo tal y como es vivido por el hombre», continúa Rodríguez Esteban. «Una aproximación a la geografía de los años 60 que conocemos como de la percepción y el comportamiento abrió una interesante línea en este

Con internet y las redes sociales la cartografía ha pasado a la gente de la calle, que hace mapas sin saberlo

sentido, poniendo de manifiesto cómo en los movimientos migratorios es muy importante la percepción de los lugares. El urbanista **Kevin Lynch** lo aplicó de forma brillante a las ciudades. En la última versión de esta

corriente, utilizando todo el poder de la tecnología, un equipo dirigido por **Daniele Quercia** nos ha dejado en la **plataforma española CARTO** mapas absolutamente plausibles de unas pocas ciudades, entre ellas Madrid, donde muestran cómo en cada calle se manifiesta la felicidad, los sonidos y la relación entre los paisajes sonoros y las emociones. Es esa unión entre la sabiduría acumulada por la tradición y las posibilidades de la tecnología lo que hace posible, por primera vez, una auténtica cartografía participativa».

Para **Sergio Álvarez Leiva**, fundador de CARTO, «todo ocurre en algún sitio y ahora es posible mapearlo digitalmente en tiempo real». Google Earth, el **Big Data** -los datos masivos que circulan por internet- y las redes sociales «han propiciado que la cartografía haya pasado de los expertos a la gente de la calle (que hace mapas sin

saberlo), de los gabinetes de los reyes a estar al servicio de cualquiera». **Una cartografía democrática, de todos los hechos y comportamientos posibles.**

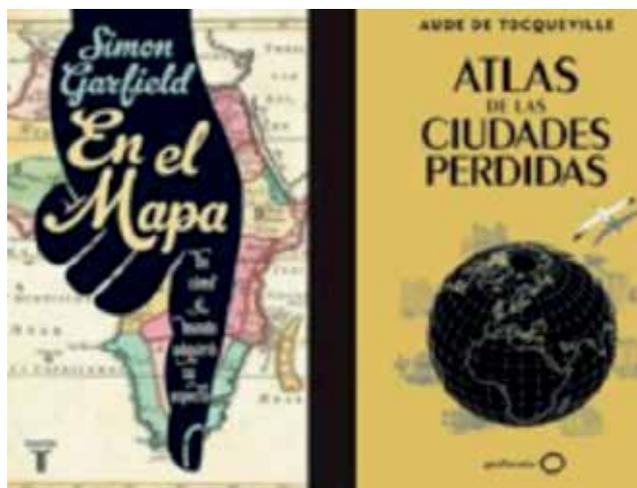
Recuerda **Simon Garfield** en su ensayo *En el mapa. De cómo el mundo adquirió su aspecto* (Taurus) que en 2010 **Facebook publicó un insólito mapamundi** «de un azul brillante, con vaporosas líneas que se extendían como sedosos hilos de una tela de araña. Un mapa generado por las relaciones de Facebook. Un mapa creado por 500

millones de cartógrafos simultáneamente». El mapa que se dibujó a sí mismo solo un puñado de centurias después de que el hombre demostrara que la Tierra no es plana.

Lo real y lo soñado

GeoPlaneta alimenta la pasión por la cartografía con *Atlas de los lugares soñados*, *Atlas de las ciudades perdidas*, *Atlas de países que no existen* y *Atlas de los lugares malditos*. Parag Khanna cuenta cómo mapear la aldea global en *Conectografía* (Paidós). *En el mapa. De cómo el mundo adquirió su aspecto* (Taurus) es un brillante ensayo de Simon Garfield. Otro libro convertido en clásico moderno es *La historia del mundo en 12 mapas*, de Jerry Brotton (Debate). Como metáfora de la globalización y para fans del suburbano, *Atlas de metros del mundo* (Capitán Swing / Nórdica).

Fuente: <http://www.abc.es/cultura>



LOS PRINCIPALES AVANCES EN TECNOLOGÍA DRON, A DEBATE EN HI!DRONE TECHNOLOGY, PRIMER SALÓN PROFESIONAL DEL SECTOR EN ANDALUCÍA

Los próximos 7 y 8 de junio, las empresas y profesionales dedicados al sector de los drones se reunirán en el Palacio de Ferias y Congresos de Málaga (Fycma) con motivo de la primera edición de Hi!Drone Technology, I Salón de Tecnologías Dron de Andalucía. Este encuentro pionero y de carácter cien por cien profesional combinará conferencias sobre las novedades en este campo con demostraciones, vuelos y zona expositiva, favoreciendo a su vez el networking entre participantes



La primera edición de Hi!Drone Technology, I Salón de Tecnologías Dron, ya calienta motores y se prepara para abrir sus puertas entre los próximos 7 y 8 de junio en el Palacio de Ferias y Congresos de Málaga (Fycma). Este encuentro, que toma como base la incorporación progresiva de estos vehículos aéreos no tripulados a la actividad de empresas y particulares, pondrá sobre la mesa cuestiones tan actuales como los avances legislativos en torno a su uso. Junto a ello, sus aplicaciones en la configuración de smart cities y en los diferentes sectores productivos como la ingeniería civil, la agricultura, la industria audiovisual, la arquitectura, la construcción y la seguridad centrarán el debate durante dos días.

Con el objetivo primordial de fomentar la cooperación entre organismos de investigación en proyectos



de I+D+i, Hi!Drone Technology se articulará en torno a conferencias técnicas, demostraciones, montajes de drones en directo, vuelos y levantamientos fotogramétricos en vivo. El networking será el eje transversal del evento, que favorecerá los contactos de primer nivel y las sinergias empresariales.

Hi!Drone está abierto a la participación de operadoras de vuelos y pilotos profesionales, academias de formación certificadas por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), smart cities, fabricantes de hardware, proveedores, desarrolladores de software, fabricantes y distribuidores de componentes y gadgets para drones, infraestructuras big-data para procesamiento de datos, productoras de cine y audiovisuales, profesionales de la ingeniería civil, la agricultura y la arquitectura, así como aficionados a los drones y al radiocontrol.

Entidades como la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM), Atyges Ingeniería, Full-Drone, Grupo One Air Aviación, Dronexplorer, Qualiflight Aviation Training (QAT), TOPCON, ANTRACK y la Asociación



Española de Drones y Afines (AE-DRON) son algunas de las que ya han confirmado su presencia en el salón, que se celebrará de forma paralela a Greencities, 8º Foro de Inteligencia y Sostenibilidad Urbana.

Hi!Drone Technology abrirá al público de 10:00 a 20:00 horas, y los profesionales que deseen participar ya pueden inscribirse de forma gratuita en la web <http://fycma.xeria.es/xcli/gen/reg.aspx?ide=7068&idf=2678>. Hi!Drone Technology está organizado por el Palacio de Ferias y Congresos de Málaga (Fycma), dependiente del Ayuntamiento de Málaga, y por Drone Events Company. Cuenta con la colaboración de la Asociación Española de Drones y Afines, AEDRON, la Asociación Española de RPAS – Remotely Piloted Aircraft Systems (AERPAS) y la Universidad de Jaén.

Más información en <http://hi-drone.malaga.eu/>, en el Facebook <https://www.facebook.com/hidrone-tec/> y en el Twitter



Guías de Protección y Anonimización de datos

La Agencia Española de Protección de Datos ha publicado dos nuevas guías: una sobre la protección de los datos que se reutilizan y otra para facilitar los procedimientos de anonimización de datos personales.

La primera, titulada «Orientaciones sobre protección de datos en la reutilización de la información del sector público» recoge una serie de aspectos a tener en cuenta por los gestores de las instituciones públicas para impulsar la reutilización de los datos (RISP) con las debidas garantías en cuanto a protección de datos. La segunda, las «Orientaciones y garantías en los procedimientos de anonimización de datos personales» proporciona unas pautas útiles para implementar esas técnicas.

La Ley 37/2007, modificada por la Ley 18/2015, sobre RISP establece la obligación inequívoca de las Administraciones y organismos del sector público de autorizar la reutilización de los documentos y ampliar su ámbito de aplicación a las bibliotecas, los museos y los archivos. La Ley señala que la reutilización de documentos que contengan datos de carácter personal se regirá por lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999 de protección de datos de carácter personal (LOPD).

Los principales riesgos asociados a la reutilización están relacionados con la reidentificación de los ciuda-



danos, teniendo en cuenta el valor económico de los datos personales y los perfiles de conducta que pueden obtenerse a partir de ellos. Sin embargo la constatación de estos riesgos no debería conducir a la restricción de las posibilidades de reutilización de la información del sector público, máxime teniendo en cuenta las innegables ventajas que puede suponer en las actividades de innovación, crecimiento de la economía e impulso de la sociedad de la información y el conocimiento.

Fuente: Blog de la IDEE

Nueva herramienta SIG para diagnosticar construcciones históricas

Investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid proponen una nueva forma de «cartografiar» los datos de los edificios históricos, como su salinidad y humedad, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo que puede ayudar a su conservación. Esta técnica no destructiva se ha

probado con una estela de la localidad madrileña de Cenicientos.

La investigadora Laura López-González de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid ha conseguido cartografiar datos de construcciones patrimoniales que hasta ahora no era posible con los métodos convencionales. Gracias al nuevo método desarrollado se ha logrado por primera vez la cartografía de diversos factores –como humedad, evaporación, salinidad, degradación del material, etc.– comparables en el tiempo. Esto lo convierte en una potente herramienta para interpretar los procesos dinámicos de deterioro en edificios históricos, que favorecerá la correcta y rigurosa interpretación de los datos para la restauración de los mismos.

El tratamiento digital de imágenes combinado con sistemas de información geográfica abre un nuevo uso para la cartografía en bienes patrimoniales. Cabe destacar, por ejemplo, la posibilidad de generar nueva cartografía a partir de otra que ya existe y que puede ser utilizada y ampliada por los diversos agentes que trabajan en el bien a lo largo de todas las fases



Estela de Cenicientos, en Madrid, y diferencia entre su cartografía de datos termográficos tipo y cartografía de base SIG tridimensional. La nueva cartografía mediante SIG tiene una gran definición en 3D que permite atender al elemento con mayor detalle. / Ayuntamiento de Cenicientos/ Laura López González

de restauración, conservación, difusión y gestión del mismo.

Con el nuevo método se ha cartografiado por primera vez factores como la humedad, evaporación, salinidad y degradación del material en los monumentos

Se considera que el complejo proceso de estudio de un elemento arquitectónico se entiende con mayor exactitud haciendo mapas generados a partir de la combinación de diferentes mapas de datos en los que se observe la variación en el tiempo. Esto es así porque los instrumentos de ensayos, aunque nos dan información puntual exacta, no nos aportan la visión del conjunto necesaria para su correcta interpretación. Para lograr este objetivo, es indispensable la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Con este objetivo, se puso en marcha una investigación en el marco del Programa Geomateriales, financiado por la Comunidad de Madrid y el Fondo Social Europeo. El estudio propone un nuevo método de cartografía de ensayos no destructivos en edificios históricos mediante el uso de técnicas basadas en SIG y se ha puesto a prueba con la estela, probablemente romana, de Cenicientos (Madrid).

Gracias a este método es posible elaborar y convertir una cartografía 3D (basada en nubes de puntos de un elemento arquitectónico obtenida mediante fotogrametría) en las llamadas cartografía ráster y vectorial, legible por los sistemas SIG mediante un sistema de coordenadas particular que referencian cada punto de la nube obtenida por fotogrametría. A esta cartografía inicial se le ha denominado cartografía base.

Ensayos no destructivos

Sobre esta cartografía se pueden referenciar los puntos donde se realizan ensayos no destructivos. Esto permite generar cartografías de los

ensayos referenciados, ofreciendo la posibilidad de obtener sobre un mismo plano base diferentes datos de múltiples ensayos. Estas nuevas cartografías -denominadas cartografías de datos- han permitido cartografiar datos inéditos hasta ahora por métodos convencionales.

Además, se ha logrado que todas las cartografías de los diversos factores y datos analizados conformen un archivo único, una planimetría base extremadamente exacta en 2D y 3D sobre la que se pueden volcar absolutamente todos los datos de los diferentes agentes intervinientes. De este modo, se vinculan diferentes bases de datos con la cartografía digital y de forma dinámica.

Mediante este sistema se facilitará una mejor visión del conjunto de los datos obtenidos en el estudio del edificio histórico, lo que favorecerá la correcta y rigurosa interpretación de los datos para su posterior restauración. Además, como señala López-González, «esta nueva cartografía fomenta el trabajo interdisciplinar en la elaboración del diagnóstico y es de gran la utilidad en el estudio del deterioro y la humedad, lesiones frecuentes en la restauración del patrimonio».

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

Indra diseña un nuevo sistema para detectar e inhibir drones

Indra ha presentado en Homsec su nuevo sistema ARMS diseñado para proteger infraestructuras críticas y edificios oficiales en los que el vuelo de un UAV sin autorización puede suponer un riesgo.

Indra ha presentado su nuevo sistema inteligente ARMS (Anti RPAS Multisensor System) con el que es posible la detección e inhibición de drones. Este sistema ha sido pensado para proteger espacios sensibles,

como edificios oficiales, plantas industriales o aeropuertos en los que la presencia de aeronaves no tripuladas sin autorización puede suponer un problema de seguridad.

Este sistema diseñado por Indra detecta las aeronaves no tripuladas mediante un radar con alcance de varios kilómetros. Además, posee una cámara infrarroja que ayuda a verificar la información del radar.

Una vez detectado el vehículo, y mediante el uso de un inhibidor de frecuencia en distintas bandas, el sistema ARMS procede a anular la señal de los equipos de geolocalización del dron, así como su enlace de comunicación con la estación de control que lo maneja.

El sistema ARMS se gestiona desde una consola que permite configurar las zonas de detección y las acciones a realizar por el sistema.

Actualmente, la compañía se encuentra implementado sobre su sistema mejoras dirigidas a ofrecer la máxima precisión a la hora de que el sistema realice la clasificación y seguimiento del dron, combinando el empleo de imágenes térmicas y la escucha radioeléctrica.

Asimismo, la compañía también está aplicando técnicas de suplantación de la señal de posicionamiento del dron, para que el sistema pueda asumir su mando y dirigirlo a una zona sin riesgo, y dotando al algoritmo del sistema de capacidad de aprendizaje continuo, de modo que cuanto más se utilice mayor precisión ofrecerá el sistema.

Fuente: <http://fly-news.es/industria/indra-drones/>



Dron en vuelo

La Sociedad Geográfica Española premia a Robert D. Kaplan, a la viajera Catherine Domain y al programa «Aquí la Tierra»

El escritor y analista político Robert D. Kaplan, el geógrafo Horacio Capel, el arqueólogo y espeleólogo Sergio García-Dils, la viajera y librera Catherine Domain, el programa de televisión Aquí la Tierra, el ingeniero y biólogo Michel André y la «start up» española CARTO, han sido reconocidos este año por los Premios de la Sociedad Geográfica Española.

Los galardones, que se entregarán el próximo 6 de abril en una ceremonia que presidirá la Reina Sofía, distinguen las mejores iniciativas y proyectos en el campo de la exploración, los viajes, la aventura y la investigación científica.

Además, la SGE ha acordado nombrar miembro de Honor al piloto Miguel Ángel Gordillo por su vuelta al mundo por los Polos en un avión ligero fabricado por él mismo y finalizada con éxito en diciembre del año pasado.

Esta es la XIX edición de los premios que se conceden a investigadores de distintas especialidades, escritores, documentalistas, emprendedores, arqueólogos, viajeros y exploradores, empresas e instituciones con enorme curiosidad por descubrir el mundo, que contribuyen a la comprensión del entorno y por su apoyo a la investigación, la ciencia, el periodismo, el arte y la cultura.

Así, este año, el Premio Internacional ha recaído en Robert D. Kaplan, escritor y analista político, por ser uno de los pensadores más relevantes sobre la globalización y los cambios de las relaciones entre los estados, aparte de ser uno de los escritores de viaje y analistas sobre geopolítica más prestigiosos del mundo.

La categoría de Premio Nacional se entregará a Horacio Capel, geógrafo malagueño que para la SNE es

una «figura indiscutible» de la ciencia geográfica en España, Iberoamérica y Europa.

Referente imprescindible de los estudios en Geografía Humana, y en particular en el campo de la Geografía Urbana, ha desarrollado la mayor parte de su carrera profesional en el Departamento de Geografía Humana de la Universidad de Barcelona, desde donde ha defendido el papel de la esta ciencia como herramienta práctica e instrumento de planificación, control y participación.

El Premio Imagen ha recaído en «Aquí la tierra», el programa de geografía en Televisión Española porque el jurado ha estimado que en horario de máxima audiencia triunfe un programa de divulgación geográfica y científica. Sin embargo, «Aquí la tierra» lo ha conseguido desde hace tres años y transmite interés por temas relacionados con climatología, el medioambiente y la geografía.

El Premio Viajero del Año se ha concedido a Sergio García Dils, arqueólogo y espeleólogo que es miembro de la SGE y que en 2015 recorrió las cuatro grandes simas del valle glaciar de Orto-Balagán (Cáucaso Occidental).

Su curiosidad por llegar al corazón del planeta le ha permitido llegar más allá de los 2 000 metros de este sistema subterráneo, la única cavidad natural conocida hasta el momento que alcanza esa distancia, y ostentar el récord mundial de profundidad (y los 4 anteriores).

La ciencia y la espeleología le deben a su equipo el descubrimiento de 12 especies de seres vivos, habitantes sin catalogar de las profundidades de la Tierra.

El Premio Investigación se entregará al biólogo marino y cartógrafo del sonido del mar Michel André, ingeniero y biólogo de la Universidad Politécnica de Cataluña y responsable del Laboratori d'Aplicacions Bioacústiques (LAB), cuya principal preocupación es acabar con la contaminación acústica de los océanos.

Mapa de los sonidos marinos

Desde 2015, lleva a cabo el proyecto «20 000 sonidos bajo el mar» a través del cual el científico francés pretende realizar un mapa de lo que se escucha en el fondo de los mares que permita analizar los efectos de la polución sonora en las especies que los habitan.

Mientras, el Premio Comunicación ha recaído en Catherine Domain, viajera y fundadora de «Ulysse», la primera librería especializada en viajes del mundo, en París. Domain decidió hace 44 años acercar al público la literatura que inspira a conocer el mundo.

El Premio Iniciativa/Empresa se entregará a CARTO, una «start up» de dos jóvenes emprendedores, Sergio Álvarez Leiva y Javier de la Torre, que han «revolucionado», según el jurado, el mundo de la cartografía ya que en la actualidad, más de 150 000 usuarios de todo el mundo construyen mapas con sus aplicaciones. Carto hace mapas para Google, la ONU o la NASA, pero también para pequeñas empresas e investigadores.

Como miembro de honor de la SGE, Miguel Ángel Gordillo, aviador que voló sobre los polos y que recibió el primer Premio Viaje del Año de la SGE. Veinte años después ha dado la vuelta al mundo por los polos en un avión ligero construido por sí mismo.

Los datos que ha recogido durante los 76 400 km de vuelo sobre la huella de hollín en la atmósfera (en gran parte únicos) están siendo interpretados por los científicos del Centro Andaluz de Medio Ambiente de la Universidad de Granada, que apoyó desde un principio su iniciativa.

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



Congreso Nacional de Arqueología Profesional



04-04-2017 / 06-04-2017

- Zaragoza, España
- Contact: <https://cnap2017.wordpress.com/contacto/>
- Website: <https://cnap2017.wordpress.com/>

18th International Course on Engineering Geodesy



25-04-2017 / 29-04-2017

- Graz University of Technology, Austria
- Contact: iv2017@tugraz.at
- Website: www.iv2017.tugraz.at

11as Jornadas SIG libre



01-06-2017 / 02-06-2017

- Girona, España
- Contact: injornadas@sigte.org
- Website: <http://www.sigte.udg.edu/jornadassiglibre/>

Hi!Drone TECHNOLOGY 2017



07-06-2017 / 08-06-2017

- Málaga, España
- Contact: info@hidronetec.com
- Website: <http://hidrone.malaga.eu/>



28th International Cartographic Conference

02-07-2017 / 07-07-2017

- Washington, Estados Unidos
- Contact: info@icc2017.org
- Website: <http://icc2017.org/>



XVII Congreso Internacional sobre patrimonio geológico y Minero - XXI Sesión Científica de la SEDPGYM

21-09-2017 / 24-09-2017

- Almadén, Ciudad Real
- Contact: <http://eventos.uclm.es/6175/detail/xvii-congreso-internacional-sobre-patrimonio-geologico-y-minero.html>
- Website: <http://eventos.uclm.es/6175/detail/xvii-congreso-internacional-sobre-patrimonio-geologico-y-minero.html>

VII Convención Internacional de Agrimensura



26-09-2017 / 30-09-2017

- La Habana, Cuba
- Contact: chiroldes@isdi.co.cu
- Website: www.agrimensuracuba.com/es/invitation

XVII Congreso de la Asociación Española de Teledetección



XVII Congreso de la Asociación Española de Teledetección

Murcia, 3 al 7 Octubre 2017

03-10-2017 / 07-10-2017

- Murcia, España
- Contact: congreso@aet2017.es
- Website: <http://www.aet2017.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 2017 (6 números por año) Prices year 2017 (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 2017 (6 números por año) en formato DIGITAL y enviado por correo electrónico / Prices year 2017 (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

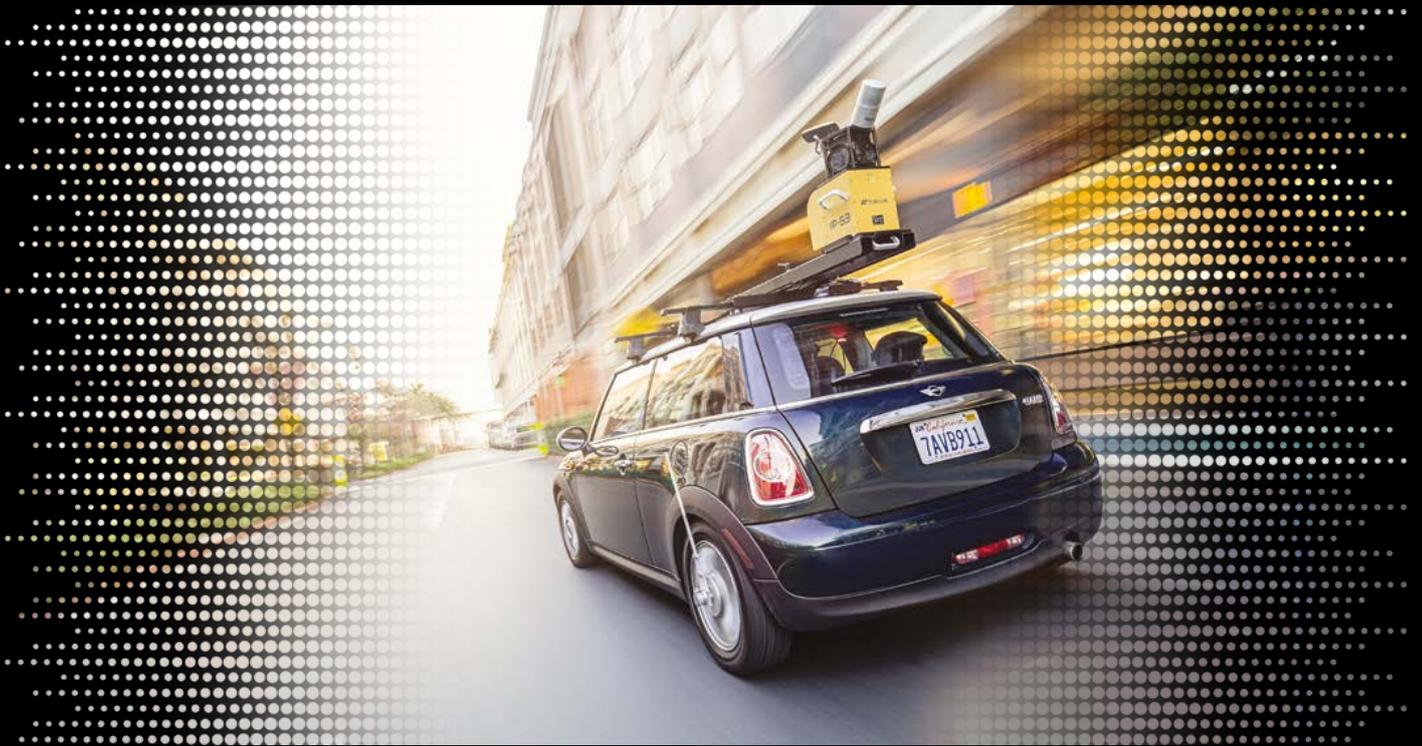
Tels: (+34) 91 006 72 23; (+34) 655 95 98 69

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.