

# MAPPING

VOL. 32 • Nº 211 • 2023 • ISSN: 1131-9100



**GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS  
– UMA METODOLOGÍA PARA A  
ESTIMATIVA DO CÁLCULO DE  
VOLUMES DE CORPOS DE ÁGUA  
COM DADOS DE OBSERVAÇÃO DA  
TERRA E ANÁLISE ESPACIAL**

**NORMALIZACIÓN Y  
GEOCODIFICACIÓN MASIVA  
DE DIRECCIONES POSTALES  
MEDIANTE PROCESOS ETL Y LOS  
SERVICIOS WEB DEL CALLEJERO  
DIGITAL DE ANDALUCÍA  
UNIFICADO (CDAU)**

**¿LOS MAPAS HABLAN POR SÍ  
SOLOS?  
COMUNICACIÓN EN EL  
GEOPORTAL DEL AYUNTAMIENTO  
DE MADRID**

**DATOS HIDROGRÁFICOS ABERTOS  
PARA LA SOCIEDADE**

**OESTE SMART REGION. UNA  
PLATAFORMA INTERMUNICIPAL  
INTEGRADA DE INTELIGENCIA  
ANALÍTICA TERRITORIAL**

**HISTORIA DE LA CARTOGRAFÍA**



# MAPPING

VOL.32 Nº 211 2023 ISSN 1131-9100

## Sumario



Pág. 4

Editorial



Pág. 6

**Gestão de recursos hídricos – Uma metodologia para a estimativa do cálculo de volumes de corpos de água com dados de observação da terra e análise espacial.** *Water resources management - a methodology for water bodies volume estimation using earth observation data and spatial analysis.*

Isabel Patriarca, Pedro Vilar, Rui Gouveia, Luís Sousa



Pág. 18

**Normalización y geocodificación masiva de direcciones postales mediante procesos ETL y los servicios web del callejero digital de Andalucía unificado (CDAU).** *Massive standardization and geocoding of postal addresses through ETL processes using unified digital street map of Andalusia (CDAU) web services*

Geoffroy Detry, Javier Villarreal Piqueras, Joaquín López Flores



Pág. 26

**¿Los mapas hablan por sí solos? Comunicación en el Geoportal del Ayuntamiento de Madrid.** *Do the maps speak for themselves? Communication in the Geoportal of Madrid City Council.*

Marta Martín Rodríguez



Pág. 34

**Datos hidrográficos abiertos para a sociedade.** *Hydrographic open data for society.*

Paulo Nunes, João Vicente, Ana Leonor Veiga, Cristina Monteiro, Telmo Dias, Carl Palma, Miguel Neto



Pág. 50

**Oeste smart region. Una plataforma intermunicipal integrada de inteligencia analítica territorial.** *Oeste smart region. An intermunicipal integrated analytical territorial intelligence platform.*

Paulo Simões, Miguel de Castro Neto, Pedro Sarmento, André Barriguinha



Pág. 62

Historia de la cartografía



## **El conocimiento de hoy es la base del mañana**

MAPPING es una publicación técnico-científica con 32 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 32 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.32 Nº211 2023 ISSN 1131-9100

## DISTRIBUCIÓN, SUSCRIPCIÓN Y VENTA

eGeoMapping S.L.  
C/ Arrastaría 21.  
28022. Madrid. España  
Teléfono: 91 006 72 23  
info@revistamapping.com  
www.revistamapping.com

## MAQUETACIÓN

elninjafluorescente.es

## IMPRESIÓN

Podiprint

Los artículos publicados expresan solo 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:

«Fotografía aérea del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea de la ciudad de Sevilla»

Autor: Instituto Geográfico Nacional

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@geomapping.com

## REDACTORA JEFA

Marta Criado Valdés  
mcriado@geomapping.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

Antonio Crespo Sanz  
Investigador

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

Mercedes Farjas Abadía  
ETSITGC. UPM. Madrid

Carmen Femenia Ribera  
ETSIGCT. UPV. Valencia

Javier Fernández Lozano  
ESTMinas. Ule. León

M<sup>a</sup> Teresa Fernández Pareja  
ETSITGC. UPM. Madrid

Carmen García Calatayud  
Biblioteca Nacional de España

Florentino García González  
Abogado

Diego González Aguilera  
EPSA. USAL. Salamanca

Álvaro Mateo Milán

CECAF. Madrid.

Israel Quintanilla García  
ETSIGCT. UPV. Valencia

Pilar Sanz del Rio  
URBASANZ Estudio Jurídico S.L.

Roberto Rodríguez-Solano Suárez  
EUITF. UPM. Madrid

Andrés Seco Meneses  
ETSIA. UPNA. Navarra

Cristina Torrecillas Lozano  
ETSI. US. Sevilla

Antonio Vázquez Hoehne  
ETSITGC. UPM. Madrid

Jesús Velasco Gómez  
ETSITGC. UPM. Madrid

## CONSEJO ASESOR

Ana Belén Anquela Julián  
ETSICT. UPV. Valencia

Maximiliano Arenas García  
Acciona Infraestructuras. Madrid

José Juan Arranz Justel  
ETSITGC. UPM. Madrid

César Fernando Rodríguez Tomeo  
IPGH. México

Ignacio Durán Boo  
Ayuntamiento de Madrid

Francisco Javier González Matesanz  
IGN. Madrid

Ourania Mavrantza  
KTIMATOLOGIO S.A. Grecia

Julio Mezcua Rodríguez  
Fundación J. García-Siñeriz

Ramón Mieres Álvarez  
TOPCON POSITIONING SPAIN. Madrid

Benjamín Piña Patón  
Presidente

## Las Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales 2022 (JIIDE 2022)

La situación de pandemia que hemos vivido durante los últimos años ha ocasionado que una gran cantidad de eventos tuvieran que celebrarse online. Fue el caso de las Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales (JIIDE), cuyas ediciones de 2020 y 2021 tuvieron un formato virtual. Sin embargo, la situación ha cambiado y en este 2022 hemos podido volver a reunirnos para hablar de las últimas tendencias en información geográfica.

Sevilla ha sido la ciudad elegida para reunir a todos aquellos **profesionales de la administración pública, el sector privado y el académico interesados en la información geográfica y que utilizan Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE)** en el ejercicio de sus actividades.

En concreto, la cita ha tenido lugar del **25 al 27 de octubre** en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla.

El lema de las JIIDE 2022 ha sido **«Experiencia y evolución tecnológica: acercando la IDE a la ciudadanía»**. Con ello se han querido enfatizar las nuevas tendencias tecnológicas y su uso para proporcionar al ciudadano soluciones que resuelvan problemas concretos mediante la publicación y tratamiento de información geográfica de forma normalizada, interoperable y abierta.

Las JIIDE 2022 han estado organizadas por la *Direção-Geral do Território* (DGT) de Portugal, el O.A. Centro Nacional de Información Geográfica y el Gobierno de Andorra, y en esta edición, se ha contado con el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía y la generosa invitación de la Universidad de Sevilla que ha ofrecido la Escuela Técnica Superior de Ingeniería como sede de las JIIDE 2022 y que ha colaborado ampliamente en la organización de las jornadas.

El número de inscritos presenciales ha sido de 380, a los que hay que añadir unos 400 inscritos virtuales. Y han sido tres intensos días con **82 comunicaciones** agrupadas en 18 sesiones, de las que 21 procedieron de Portugal, **siete talleres**, una **mesa redonda** y **dos conferencias invitadas**. Durante estos tres días, los asistentes han podido compartir experiencias y casos de uso sobre cómo utilizar técnicas Big Data, Inteligencia Artificial o Cloud Computing para mejorar

la capacidad de análisis, el almacenamiento y la publicación web de grandes volúmenes de datos procedente de diversas fuentes, incluyendo sensores en tiempo real. También se han tratado las nuevas especificaciones y estándares que han surgido, así como la nueva regulación sobre la reutilización de los conjuntos de alto valor.

La inauguración fue realizada por D. Francisco Rodríguez Rubio, director de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla, D. Manuel Ignacio Castaño Sousa, director del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, D. Lorenzo García Asensio, director general del IGN y presidente del CNIG y de manera virtual por Dña Fernanda do Carmo, diretora da Direção-Geral do Território.

Las **conferencias invitadas** fueron sobre los siguientes temas:

«La integración espacial en estructuras de teselas multiescalares para la geoinformación estadística: una necesidad y diferentes soluciones aplicadas» a cargo de D. José Ojeda Zújar, Catedrático de Geografía Física de la Universidad de Sevilla.

«El futuro de la información geográfica en Europa» presentada por Dña. Léa Bodossian, secretaria general y directora ejecutiva de EuroGeographics.

La **mesa redonda** ha debatido el tema «Experiencia y evolución tecnológica: acercando la IDE a la ciudadanía» moderada por D. Emilio López, director del CNIG, con la participación de D. Agustín Villar de la IECA y D. Fernando López, director del Instituto Geográfico de Aragón.

Las JIIDE 2022 han sido las primeras jornadas que se han organizado de forma presencial después de la pandemia de la COVID-19. La gran acogida mostrada en su asistencia presencial ha logrado recuperar la interacción personal en los pasillos, descansos, cafés y comidas. El contacto directo y cara a cara ha permitido que los organizadores hayan podido recibir la valoración de los asistentes de las jornadas, que han sido muy positiva por el gran nivel técnico tanto de las comunicaciones como de los talleres.

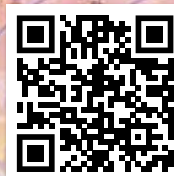
Tanto el O.A. Centro Nacional de Información Geográfica como la *Direção-Geral do Território* de Portugal agradecen la colaboración de la Universidad de Sevilla y de la IECA ya que, sin su esfuerzo, colaboración y ayuda hubiera sido imposible la celebración de las JIIDE 2022 y han anunciado que la JIIDE 2023 se celebrarán en la capital de la región de Alentejo, Évora, Portugal.



Paloma Abad Power

# JII DE22 SEVILLA

## Experiencia y evolución tecnológica, acercando la IDE a la ciudadanía



[www.jiide.org](http://www.jiide.org)

### XIII Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales

Del 25 al 27 de octubre de 2022

Universidad de Sevilla - SEVILLA



@IDEESpain



Escuela Técnica Superior de  
**INGENIERÍA DE SEVILLA**



**Junta de Andalucía**

Consejería de Transformación Económica,  
Industria, Conocimiento y Universidades  
Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía



Infraestructura de Datos Espaciales de España



Govern d'Andorra



MINISTÉRIO DA COESÃO TERRITORIAL  
Direção-Geral do Território



MINISTERIO  
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD  
Y AGENDA URBANA

INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
NACIONAL



# Gestão de recursos hídricos – Uma metodologia para a estimativa do cálculo de volumes de corpos de água com dados de observação da terra e análise espacial

REVISTA **MAPPING**  
Vol.32, 211, 6-16  
2023  
ISSN: 1131-9100

*Water resources management - a methodology for water bodies volume estimation using earth observation data and spatial analysis*

Isabel Patriarca, Pedro Vilar, Rui Gouveia, Luís Sousa

## Resumo

A eficiente monitorização dos Planos de Água (PA) existentes na área geográfica de jurisdição da Administração da Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste (ARHTO), bem como a gestão dos recursos hídricos (RH) existentes, passa pela caracterização eficiente das disponibilidades hídricas dos reservatórios, albufeiras e barragens. A extração de informação geoespacial através de imagens de Observação da Terra (OT) adquiridas pela missão Sentinel-2 (S2), que disponibilizam um enorme volume de dados quase em tempo real e em áreas extensas do território, mostrou ser diferenciadora para a atualização da caracterização dos reservatórios de água na forma de pequenas e médias barragens existentes na região da ARHTO, nomeadamente a sua localização e delimitação ao Nível de Pleno Armazenamento (NPA) dos PA, conforme metodologia proposta em (Patriarca et al., 2021). Estes resultados apresentaram-se promissores para o estudo e gestão das pressões existentes sobre os RH resultantes de fenómenos tais como secas cada vez mais frequentes e escassez de água nos reservatórios e albufeiras com impacto nomeadamente na agricultura de regadio. A metodologia estudada em ambiente ESRI ArcGIS © pretendeu desenvolver uma abordagem operacional de gestão dos RH do território de Portugal Continental na área de jurisdição da ARHTO. A metodologia abordada divide-se em duas componentes: a inventariação e caracterização dos PA pelo NPA baseado em dados de OT (fase 1) e a determinação do volume de reservatórios com técnicas de Análise Espacial de dados geoespaciais (fase 2). A estimativa de volumes de Corpos de Água (CA) identificados

na zona de estudo da ARHTO, foi testada com alguns casos de estudo como os exemplos das albufeiras de Meimoa e da Marateca. A disponibilidade de informação vetorial altimétrica georreferenciada à escala 1:25000 foi utilizada para obter modelos Triangulated Irregular Network (TIN) e Modelos Digitais do Terreno (MDT). Com base nos MDT obtidos, recorrendo a técnicas de análise e interpolação espacial determinaram-se os valores de Volume dos CA em estudo.

## Abstract

*Efficient water bodies management techniques require an accurate characterization of water availability on reservoirs and dams. Some studies using Earth Observation (EO) and Spatial Analysis of data, namely Vilar et al. (2015) and Patriarca et al. (2021), have been studying and automating methodologies using multispectral satellite images to manage water resources in environmental context and agricultural water management. Based on geospatial information extracted from EO data using multispectral Sentinel-2 (S2) mission, this study shown the efficiency to inventory and characterize water bodies on ARHTO region, centre of Portugal, early demonstrated by Patriarca et al. (2021). The methodology presented here was implemented on ESRI ARCGIS® software. The main objective of this methodology was to assure operational capabilities for water bodies management, comprising two steps: phase I – water bodies inventorying by using S2 images; phase II – water bodies volume (WBV) estimating using spatial analysis techniques.*

Palavras chave: Sentinel-2, Planos de Água, Corpos de Água, Observação da Terra, Análise Geoespacial, Volumes

Keyword: Sentinel-2, Surface Water Bodies, Water Bodies, Earth Observation, Spatial Analysis, Spatial Interpolation, Volumes

Isabel Patriarca. Engenheira Geógrafa, Agência Portuguesa do Ambiente  
[isabel.patriarca@apambiente.pt](mailto:isabel.patriarca@apambiente.pt)  
Pedro Vilar. Engenheiro Geógrafo/Sistemas do Espaço, GMV SkySoft  
[pedro.vilar@gmv.com](mailto:pedro.vilar@gmv.com)  
Rui Gouveia. Engenheiro Ambiente, Agência Portuguesa do Ambiente  
[rui.gouveia@apambiente.pt](mailto:rui.gouveia@apambiente.pt)

Luís Sousa. Engenheiro Ambiente, Agência Portuguesa do Ambiente  
[luis.sousa@apambiente.pt](mailto:luis.sousa@apambiente.pt)

DOI: <https://doi.org/10.59192/mapping.390>  
Recepción 19/12/2022  
Aprobación 23/01/2023



## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem crescido o interesse no estudo do impacto das alterações climáticas em diversos contextos e setores, bem como das respetivas medidas preventivas e de adaptação a adotar na gestão de recursos hídricos. Atualmente, o desenvolvimento do setor Espacial, através de várias missões de Observação da Terra (OT) por satélite, e da maturidade das técnicas de análise dados, em particular, de dados geoespaciais, tem potenciado o surgimento de diferentes estudos e técnicas para desenvolver medidas operacionais de apoio à decisão na gestão da água em vários setores, como por exemplo na agricultura de precisão (Vilar et al., 2015) ou na obtenção de limites de NPA (Nível de Pleno Armazenamento) em reservatórios de água ou pequenos reservatórios e charcas em que o NPA não era conhecido (Patriarca et al., 2021). O presente estudo foi desenvolvido no âmbito da atividade operacional da ARHTO (área da Administração da Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste), onde se pretendeu promover a utilização de dados de OT e de técnicas de análise geoespacial para gestão e conhecimento dos corpos de água presentes nesta região através da estimativa do volume dos mesmos dando continuidade à investigação e aos resultados apresentados por Patriarca et al. (2021). Deste modo, os principais objetivos do presente estudo foram os seguintes: atualizar o inventário existente de pequenas e médias barragens da ARHTO com imagens de OT adquiridas pela missão Sentinel-2 (S2) com consequente atualização do conhecimento das pressões sobre os recursos hídricos e finalmente investigar e desenvolver uma metodologia para a obtenção do volume de corpos de água de forma a operacionalizar uma ferramenta de apoio à decisão.

## 2. ENQUADRAMENTO

### ÁREA DE JURISDIÇÃO DA ADMINISTRAÇÃO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TEJO E RIBEIRAS DO OESTE

A área geográfica de jurisdição da ARHTO engloba 103 concelhos dos 278 municípios portugueses correspondendo a cerca de 37,5 % da área total do território de Portugal Continental (Figura 2). Em termos de população, abrange cerca de 39,8 % do total da população portuguesa. Conforme evidenciado Figura

1, em Portugal Continental a área abrangida pela Bacia Hidrográfica do Tejo é cerca de 31 % (25 016 km<sup>2</sup>) da sua área total que engloba Portugal e Espanha - 80 797 km<sup>2</sup> (Fernandes, 2022).

Ainda no âmbito da caracterização da área geográfica de jurisdição da ARHTO, a Figura 3A evidencia a distribuição das massas de água superficiais nomeadamente rios, massas de água de transição, lagos, etc. A Figura 3B evidencia informação da COS – Carta de Ocupação do Solo de Portugal Continental, informação oficial disponibilizada ao público pela DGT – Direção Geral do Território.



Figura 1. Área de Jurisdição da ARHTO (Fernandes, 2022)

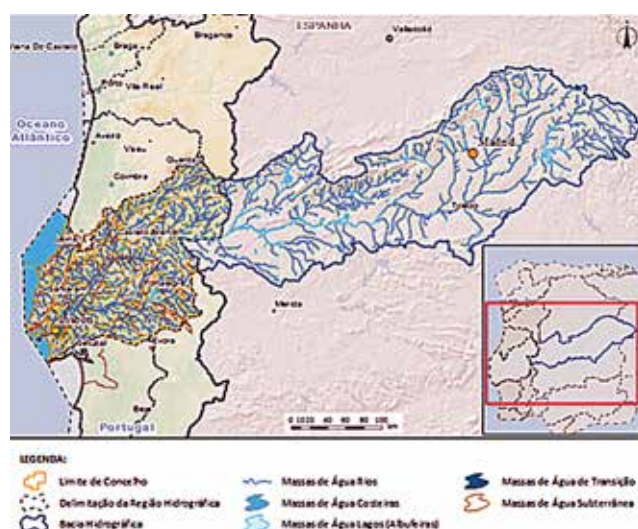
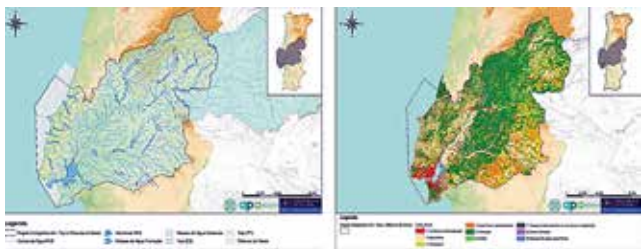


Figura 2. Área de Jurisdição da ARHTO e distritos abrangidos de Portugal Continental



Figuras 3A e 3B. Distribuição das massas de água e informação da COS disponibilizada pela DGT na área geográfica da ARHTO (Fonte: PGRI, 2022)

### 3. ÁREA GEOGRÁFICA DA ARHTO E COBERTURA COM IMAGENS SENTINEL-2

Para obtenção dos resultados pretendidos com este trabalho, foi necessário o acesso a imagens de satélite da missão Sentinel-2 (S2) no site do programa Copernicus (Figura 4A) para cobertura total da área geográfica de jurisdição da ARHTO num mosaico de cobertura como mostra a Figura 4B.

Foram utilizadas imagens S2 que datam de 15 de maio de 2018 por coincidirem com o final do inverno e em que o NPA das albufeiras e pequenas barragens teria sido atingido pelos níveis de precipitação verificados na estação anterior.

Em termos de precipitação, verifica-se uma distribuição não uniforme ao longo da região hidrográfica sendo que

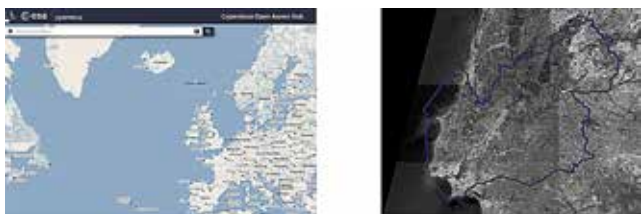


Figura 4A. Site do programa Copernicus (<https://scihub.copernicus.eu/>)

Figura 4B. Imagens Sentinel-2 em mosaico na área geográfica da ARHTO

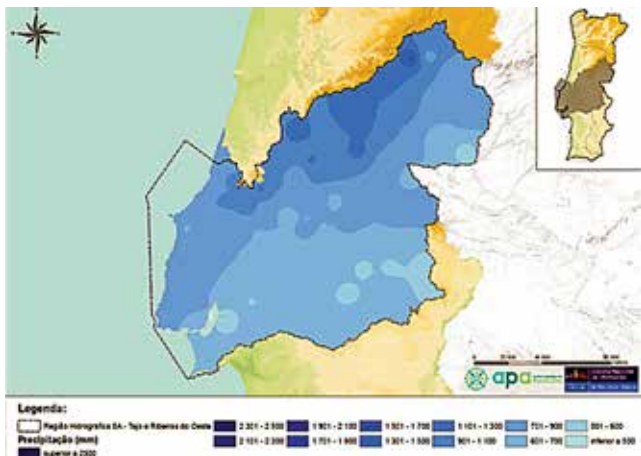


Figura 5. Distribuição da Precipitação (Fonte: PGRI, 2022)

a precipitação anual média nas bacias hidrográficas do rio Tejo e Ribeiras do Oeste varia entre os 300 mm e os 1300 mm. A precipitação anual média, na última década, apresenta valores abaixo da média e uma ausência de anos húmidos ( PGRI, 2022).

## 4. METODOLOGIA NA IDENTIFICAÇÃO E DELIMITAÇÃO DE PLANOS DE ÁGUA COM DADOS DE OBSERVAÇÃO DA TERRA

Foram utilizadas 9 imagens da missão S2 descarregadas no site do Programa de Observação da Terra da União Europeia Copernicus. Cada imagem S2 é composta por 12 Bandas e fornecem no seu conjunto a base para o trabalho num único mosaico na cobertura total da área geográfica da ARHTO (Figura 4B). Posteriormente obteve-se a informação vetorial georreferenciada sob forma de polígonos com a delimitação dos Planos de Água pelo seu NPA, identificados por dados de Observação da Terra, após a reclassificação da imagem matricial binária obtida no mosaico e a partir da imagem matricial NDWI (Normalized Difference Water Index) (Gao, 1996) para toda a região ARHTO (Patriarca et al., 2021).

### 4.1. Obtenção do NDWI das Imagens Sentinel-2

As imagens da missão S2 utilizadas têm uma resolução espacial de 10 metros e são imagens multiespectrais nas bandas do visível e do infravermelho próximo. Foi efetuado um pré-processamento das imagens multiespectrais da missão S2 corrigidas à refletância Bottom Of Atmosphere (BOA) com o posterior cálculo do NDWI. Das 12 bandas que compõem as imagens, a partir da combinação das Bandas 03 e 08 obtém-se o NDWI com base no algoritmo apresentado na Figura 7 para delimitação dos Corpos de Água.

O algoritmo da Figura 7 (Gao, 1996) permitiu obter a imagem matricial NDWI, tal como mostra a Figura 8. De seguida, foi realizada a união das 9 imagens NDWI numa única imagem matricial de forma a identificar todos os planos de água na região ARHTO.

### 4.2. Reclassificação da Imagem NDWI e Conversão para Polígono

Por meio de geoprocessamento em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) e software ESRI© é realizado o recorte da imagem matricial NDWI



Figura 6A. Banda 03 da imagem S2



Figura 6B. Banda 08 da imagem S2

$$NDWI = \frac{\text{Banda 03} - \text{Banda 08}}{\text{Banda 03} + \text{Banda 08}}$$

Figura 7. Algoritmo aplicado para obter o NDWI (Gao,1996)

obtida pelo limite da área geográfica de jurisdição da ARHTO, informação disponível em formato vetorial georreferenciado. Após este procedimento, é feita uma Reclassificação de todos os pixels da imagem, convertendo a imagem NDWI numa imagem matricial binária (0 – «terra», 1 – «água»), após a qual segue-se novo processamento para conversão da imagem binária para os polígonos finais, ou seja, é feita a conversão dos pixels de valor (0,1) em informação vetorial georreferenciada em que se obteve os polígonos «terra» e os polígonos «água». Obtidos estes polígonos georreferenciados encontra-se definida a delimitação dos Planos de Água também designados Espelhos de Água para obtenção futura dos volumes de Corpos de Água (Figura 9).

#### 4.3. Eliminação dos Falsos Espelhos de Água

Nesta fase do trabalho foi necessário proceder à Eliminação dos Falsos Espelhos de Água para os polígonos obtidos. Com base na informação temática disponibilizada pela Carta de Uso e Ocupação do Solo de Portugal Continental (COS) da Direção-Geral do Território (DGT) referente a 2015 (Figura 10), foi possível isolar todas as classes de informação que permitiriam eliminar do Universo de informação vetorial obtida, os polígonos que não correspondessem a Espelhos de Água, também denominados Planos de Água. O

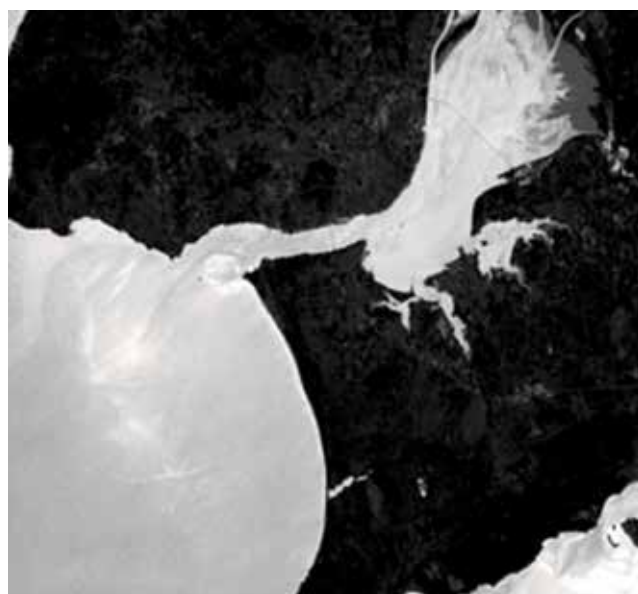


Figura 8. Imagem Matricial do Índice NDWI



Figura 9. Imagem Matricial NDWI vs. Imagem Matricial Binária (0 e 1) vs. Planos de Água



Figura 10. Enquadramento da área geográfica da ARHTO com informação da COS 2015 e respetivas classes consideradas como falsos espelhos de água.



Figuras 12A e 12B. Polígonos a eliminar (a vermelho) em zonas de extração de inertes confirmado com o Serviço WMS de Ortofotos de 2015 oficial e homologado pela DGT

Universo de informação vetorial obtido corresponde à totalidade da área geográfica da área de jurisdição da ARHTO, tal como já referido na Secção 2 cerca de 31 % (25 016 km<sup>2</sup>) da área total da Bacia Hidrográfica do Tejo (Fernandes, 2022).

As classes da COS utilizadas para eliminar falsos polígonos de interesse, foram entre outras zonas identificadas como territórios artificializados, lagos em espaços urbanos, campos de golfe, arrozais, etc.

Através das ferramentas de geoprocessamento em ambiente SIG ESRI®, foi feita a sobreposição dos polígonos com as Classes da COS selecionadas e os que coincidiam com as Classes da Figura 11, foram eliminados do Universo de informação obtido de dados de OT.

#### 4.4. Albufeira da Meimoa – Eliminação de Falsos Espelho de Água

A albufeira da Meimoa localiza-se no distrito de Castelo Branco e no concelho de Penamacor, fazendo parte da Bacia Hidrográfica do Tejo, sendo o curso de água que lhe dá origem a Ribeira de Meimoa (Figura 13A). O polígono obtido por dados de Observação da Terra (OT) correspondente ao NPA da albufeira (Figura 13 C) não é coincidente com a área a branco na imagem NDWI identificada no Plano de Água desta albufeira (Figura 13B). Tanto a água à superfície como as estruturas artificializadas entre outras, como as identificadas nas Classes da COS nomeadas na Secção 4.4. têm o mesmo comportamento espectral nas imagens S2. Aparentemente o polígono NPA obtido não está correto.



Figuras 13A, 13B e 13C. Localização e Imagem Sentinel-2 NDWI com a Delimitação Vetorial obtida da Albufeira da Meimoa



Figuras 14A, 14B e 14C. Delimitação pelo NPA em sobreposição com o Serviço WMS dos Ortofotos 2018 da DGT e imagem da Albufeira de Meimoa do site das Barragens de Portugal

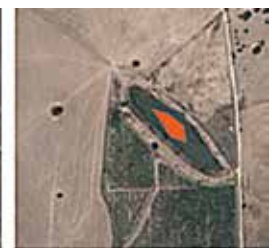
A sobreposição do vetor obtido pela metodologia NDWI a partir de dados de OT, sobreposto com o serviço WMS de Ortofotos de 2018 oficial e homologado pela DGT (Figura 14A), mostra que a mancha a branco na imagem NDWI não abrangida pelo polígono (Figuras 13B e 13C) não faz parte do Plano de Água (Figura 14C).

A Albufeira da Meimoa tem um paredão em talude e como esta é uma estrutura artificializada, apresenta um comportamento espectral semelhante em relação ao próprio Plano de Água, gerando um falso polígono como Espelho de Água a eliminar. Pode aceder-se ao site das Barragens de Portugal: [https://cnpqg.apambiente.pt/gr\\_barragens/gbportugal/Meimoa.htm](https://cnpqg.apambiente.pt/gr_barragens/gbportugal/Meimoa.htm)

## 5. VALIDAÇÃO E CONTROLO DE QUALIDADE DOS POLÍGONOS OBTIDOS COM A METODOLOGIA NDWI

Nesta fase do trabalho é necessário proceder à validação da informação vetorial obtida por meio dos dados de OT das imagens multiespectrais da missão S2. Conforme os exemplos da Figura 15 demonstram é necessário a intervenção das ferramentas de edição geoespacial em ambiente SIG ESRI® ou em outro software.

Em alguns casos, para o mesmo Plano de Água (PA) obtiveram-se vários polígonos (Figura 15A). Em outras situações, o PA foi assinalado por um pequeno polígono embora não fossem adquiridos com boa aproximação o limite ao NPA desse PA (Figuras 15B e 15C). A delimitação correta ao NPA é o que se pretende, informação vetorial essa que será usada como área de superfície para o futuro cálculo de Volumes. Futuramente, a partir das imagens de satélite S2 ou Sentinel-1, perspetiva-se a obtenção dos polígonos de PA de águas superficiais através de scripts em linguagem de programação Python no âmbito de técnicas de Machine Learning (IA – Inteligência Artificial), de forma a reduzir a edição manual destes polígonos.



Figuras 15A, 15B e 15C. Controlo de qualidade a efetuar na informação obtida por dados de OT

## 6. CASOS DE ESTUDO PARA ESTIMATIVA DE VOLUMES DE CORPOS DE ÁGUA

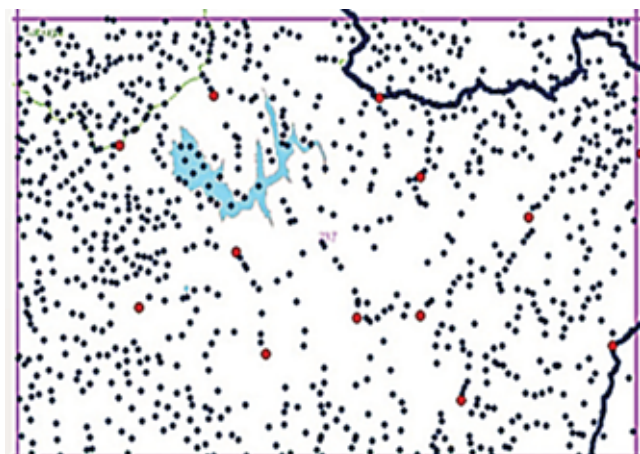
A disponibilidade de informação vetorial altimétrica georreferenciada à escala 1:25 000, nomeadamente informação de pontos cotados e curvas de nível, foi utilizada para obter modelos TIN (Triangulated Irregular Network) e modelos MDT (Modelos Digitais do Terreno) no formato matricial para as albufeiras em estudo. Com base nos modelos MDT obtidos, recorrendo a técnicas de análise e interpolação espacial determinaram-se estimativas de valores para a informação do Volume dos Corpos de Água em estudo. A informação vetorial georreferenciada à escala 1:25 000 utilizada para modelar o terreno e obter os modelos TIN refere-se à anterior existência das albufeiras em estudo que são relativamente recentes, pelo que esta informação permite o acesso à topografia existente no terreno antes da construção da barragem ou charca e do aparecimento/enchimento das albufeiras em estudo, dado que não se dispõe de dados batimétricos destas albufeiras para o cálculo de Volumes. A informação vetorial utilizada à escala 1:25 000, tem origem nas Cartas Militares, Série M888 do CiGeoE (Centro de Informação Geoespacial do Exército).

## 7. CASOS DE ESTUDO – ALBUFEIRA DE MEIMOA – ESTIMATIVA DE VOLUMES DE CORPOS DE ÁGUA

A albufeira da Meimoa, tal como já referido na Secção 4.4., localiza-se no distrito de Castelo Branco, no concelho de Penamacor e faz parte da Bacia Hidrográfica do Tejo, sendo o curso de água que lhe dá origem a Ribeira de Meimoa (Figuras 16A, 16B e 16C).



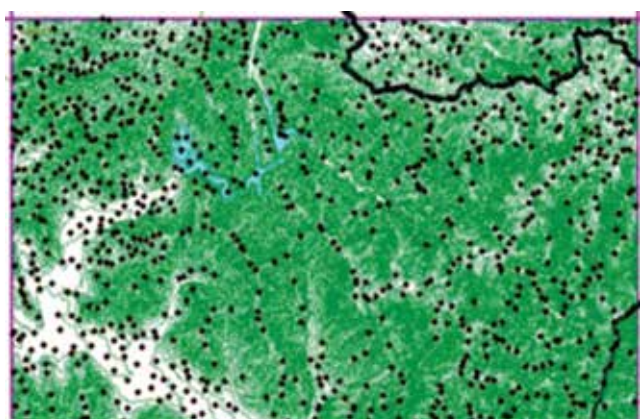
Figuras 16A, 16B e 16C. Albufeira da Meimoa localização e representação no serviço WMS Ortofotos 2018 da DGT e na Carta Militar 1:25000 do CiGeoE



17A Sobreposição da informação altimétrica para obter o modelo TIN



17B Sobreposição da informação altimétrica para obter o modelo TIN



17B Sobreposição da informação altimétrica para obter o modelo TIN

### 7.1. Albufeira da Meimoa – Informação Vetorial Georreferenciada 1:25 000

A delimitação ao NPA da Albufeira da Meimoa obtida por meio de dados de OT e a metodologia NDWI, foi sobreposta com a informação vetorial disponível de Pontos Cotados (Figura 17A) e Curvas de Nível (Figura 17B). A sobreposição destas camadas de informação permite obter o relevo e acidentes do terreno no leito da albufeira.

Foram também considerados além das camadas de informação referidas, para obtenção dos modelos a gerar, os dados da Rede Geodésica Nacional disponíveis no site da DGT em que foram considerados os Vértices Geodésicos (VG) existentes na área geográfica envolvente à albufeira, tendo sido incluído no geoprocessamento o valor da Altitude Ortométrica da Cota à Base da estrutura dos VG. Esta informação tem associadas coordenadas no sistema de referência oficial de Portugal Continental PT-TM06-ETRS89 (EPSG: 3763).

### 7.2. Albufeira da Meimoa – Modelo TIN (Triangulated Irregular Network)

A área geográfica de que dispomos da informação altimétrica e que contém a área de superfície do Plano de Água permite obter Modelos TIN também na envolveria da albufeira através de técnicas de análise e interpolação espacial (Figura 18).

### 7.3. Albufeira da Meimoa – Modelo MDT (Modelo Digital de Terreno)

A partir do modelo TIN (Figura 18) e por meio de ferramentas de análise espacial em ambiente SIG ESRI© foi feita a conversão para formato matricial e obteve-se o modelo MDT com a modelação do terreno (Figura 19).

### 7.4. Resultado Caso de Estudo Albufeira da Meimoa – Estimativa de Volume

Foi feito o recorte da imagem do MDT com a informação vetorial obtida por dados de Observação da Terra e a metodologia NDWI e por meio de ferramentas de análise espacial em ambiente SIG obteve-se uma estimativa de Volume (Figura 20). Na estimativa do volume, foi considerado como Plano de Referência a cota da superfície do Plano de Água.



Figura 18. Modelo TIN (Triangulated Irregular Network) em sobreposição com a delimitação do Plano de Água a azul com destaque para a modelação do leito

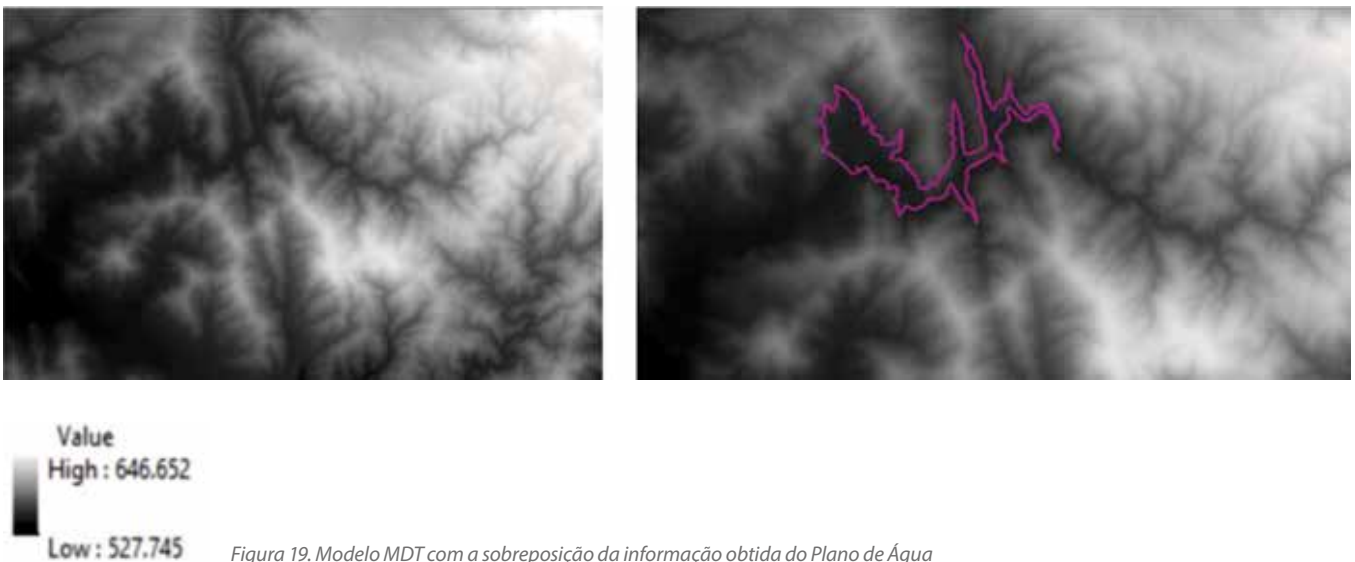


Figura 19. Modelo MDT com a sobreposição da informação obtida do Plano de Água

Table							
SURFACE_VOLUME_TEXTO_BELOW_4							
Dataset	Plane Height	Reference	Z Factor	Area 2D	Area 3D	Volume	
..cGIS\Default.gdb\RAST_POL_MEM	646.652	BELOW	1	1717916.539291	1751473.55621	148830036.57356	

Figuras 20. Estimativa de Volume obtido para a Albufeira de Meimoa

## 8. CASOS DE ESTUDO – ALBUFEIRA DE SANTA ÁGUEDA/MARATECA – ESTIMATIVA DE VOLUME

A albufeira da Marateca também designada de Santa Águeda, localiza-se no distrito de Castelo Branco,

no concelho de Castelo Branco (Figuras 21A, B e C) e faz parte da Bacia Hidrográfica do Tejo, sendo o curso de água que lhe dá origem o Rio Ocreza.

### 8.1. Albufeira da Marateca – Informação Vetorial Georreferenciada 1:25 000

Tal como já referido na Secção 7.1, foram também considerados os dados da Rede Geodésica Nacional

disponíveis no site da DGT nomeadamente os VG existentes na área geográfica envolvente à albufeira tendo sido incluído no geoprocessamento o valor da Altitude Ortométrica da Cota à Base da estrutura dos VG (Figuras 22A e B).

Figuras 22A, 22B. Sobreposição da informação altimétrica pontos cotados e curvas de nível com o polígono vetorial ao NPA da albufeira e sobreposição com o serviço WMS Ortofotos 2018 da DGT.

### 8.2. Albufeira da Marateca – Modelo TIN (Triangulated Irregular Network)

Ver figuras

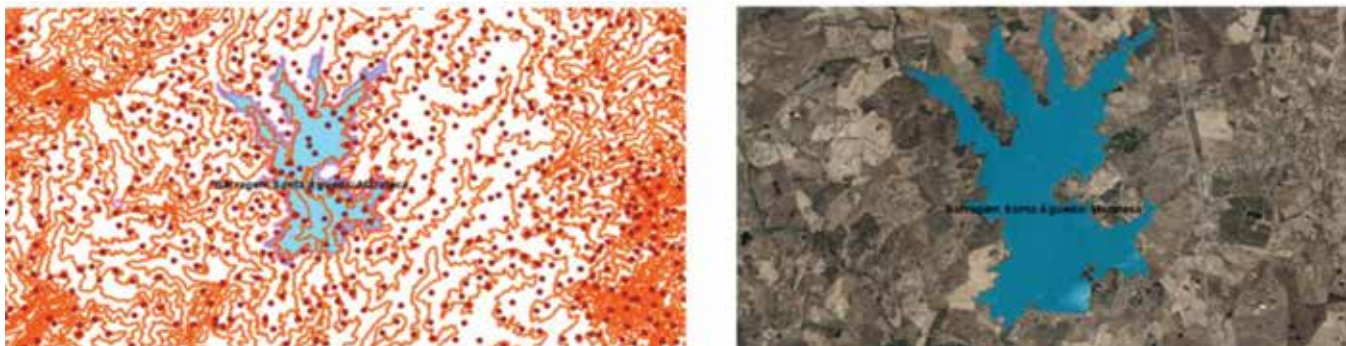
### 8.3. Albufeira da Marateca – Modelo MDT (Modelo Digital de Terreno)

Foi obtido o MDT da zona do leito da albufeira da Marateca e envolvente a partir do modelo TIN por meio das ferramentas de análise espacial em ambiente SIG (Figuras 24A e B).

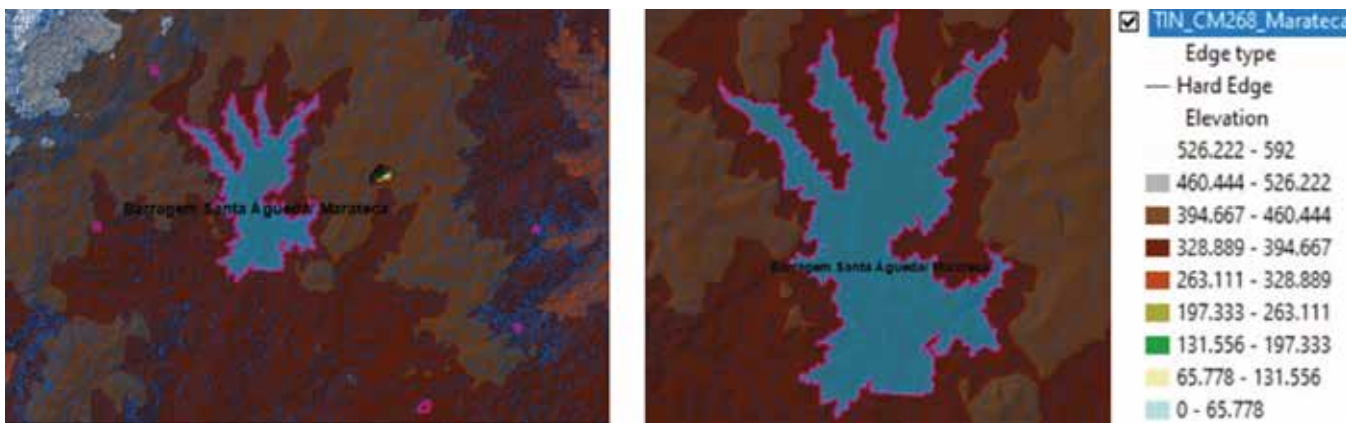
Revedo a obtenção do polígono ao NPA da albufeira a partir de dados de OT (Figura 25A e 25B), o polígono será usado para recorte do MDT, procedimento que precede a obtenção do Volume do correspondente corpo de água da Marateca(Figuras 26A, B e C).



Figuras 21A, 21B e 21C. Albufeira da Marateca localização e representação no serviço WMS Ortofotos 2018 da DGT e na Carta Militar 1:25 000 do CiGeoE

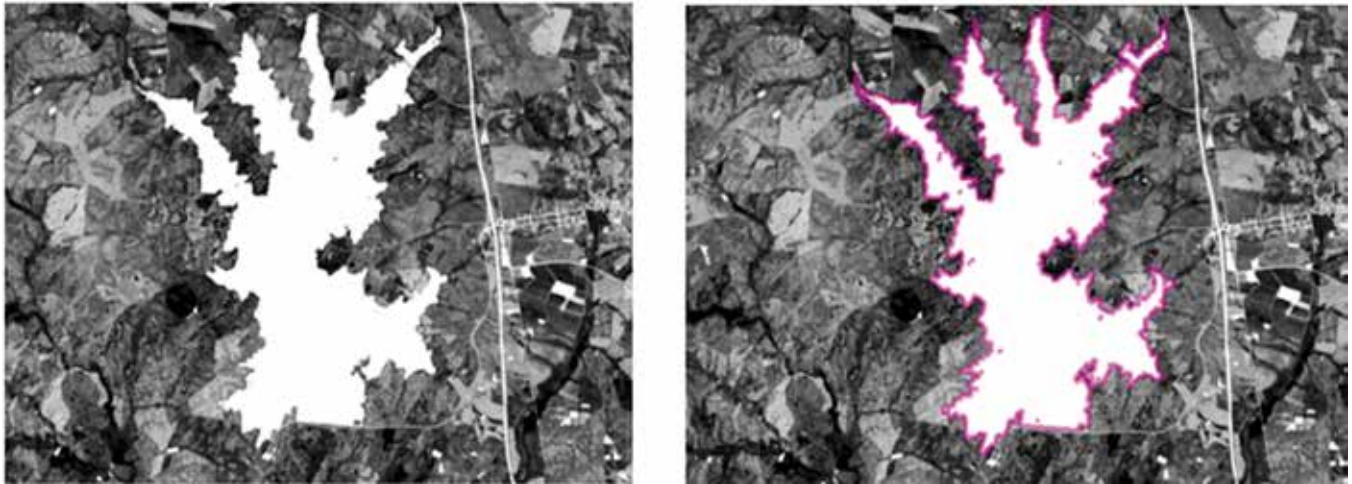


Figuras 21A, 21B e 21C. Albufeira da Marateca localização e representação no serviço WMS Ortofotos 2018 da DGT e na Carta Militar 1:25 000 do CiGeoE



Figuras 23A e 23B. Modelo TIN (Triangulated Irregular Network) em sobreposição com a delimitação do Plano de Água a azul com destaque para a modelação do leito





Figuras 24A e 24B. Modelo MDT com a sobreposição da informação obtida do Plano de Água

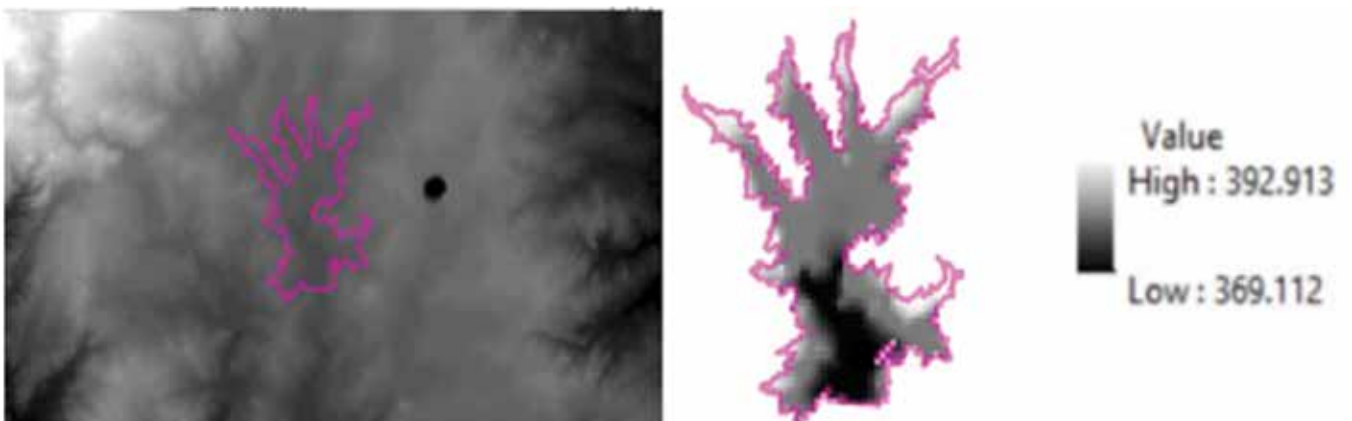


Figura 26A, 26B e 26C. Sobreposição do polígono que define o NPA ao MDT para recorte da imagem matricial MDT; variação dos valores dos pixels do MDT

Table						
SURFACE_BELOW_Marateca_VOLUME						
Dataset	Plane Height	Reference	Z Factor	Area 2D	Area 3D	Volume
rcGIS\Default.gdb\IRAS_POLMarat	392.913	BELOW	1	4386699.789707	4388757.840832	81307594.896057

Figura 27. Estimativa de Volume obtido para a Albufeira da Marateca

#### 8.4. Resultado Caso de Estudo Albufeira da Marateca – Estimativa de Volume

Foi considerado como Plano de Referência o valor da superfície do Plano de Água. Na Figura 27 é possível obter a estimativa do volume para a Albufeira da Marateca.

## 9. CONCLUSÕES

Através do presente estudo foi possível derivar uma metodologia para a inventariação dos polígonos de corpos de água com dados de OT, bem como, com

base nestes, estimar os respetivos volumes através de técnicas de análise espacial. Os resultados obtidos com esta metodologia mostraram-se dependentes do acesso a dados da topografia antes da existência das albufeiras consideradas na área de estudo, como é o caso das albufeiras mais recentes, devido à ausência de dados batimétricos. Mais ainda se conclui que com informação altimétrica de maior escala (por exemplo, 1:5000 ou 1:10 000) e em zonas mais restritas obter-se-ão estimativas de volumes de corpos de água ainda mais fiáveis, devido à maior resolução e detalhe espacial da informação. Como perspetivas futuras, objetiva-se a integração deste processo numa metodologia que permita incluir algoritmos de Machine Learning na classificação de

imagens de satélite para obtenção de Volumes em toda a área geográfica de jurisdição da ARHTO.

## AGRADECIMENTOS

Os autores pretendem expressar o seu agradecimento devido aos seus contributos para o presente artigo às seguintes entidades: ARH Alentejo, nomeadamente Alice Fialho (Chefe da Divisão de Planeamento e Informação) e José Figueira Mendes (Divisão de Planeamento e Informação); ARH Tejo e Oeste, nomeadamente Susana Fernandes (Administradora da ARH Tejo e Oeste), Mariana Pedras (Chefe de Divisão Planeamento e Informação), Helena Alves (Apoio Administração ARHTO), Isabel Guilherme (Apoio Administração ARHTO) e Catarina Patriarca (Chefe Divisão de Recursos Hídricos do Litoral).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gao, B. (1996). NDWI-A Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water

from Space. Remote Sensing of Environment, Vol., 58, No. 3, Pag.257-266.

Susana Fernandes (2022) – “Uso eficiente da água ApR - água para reutilização” - Conversas na Biblioteca sobre: Água, recurso vital e escasso – Apresentação em Guarda, 21 de abril de 2021.

PGRI - 2.º Ciclo de Planeamento Apresentação - RH5 – Tejo e Ribeiras do Oeste (2022) – Apresentação em Constância, 12 de Outubro de 2022.

Patriarca, I., R. Gouveia, L. Sousa, P. Vilar (2021). Caracterização de Planos de Água na Área da Administração da Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste (ARTHO) – Inventariação e Análise Geoespacial por meio de dados de Observação da Terra. XII Jornadas Ibéricas de Infraestruturas de Dados Espaciais, Portugal, 15 a 19 de novembro de 2021.

Vilar, P., A. Navarro, J. Rolim (2015). Utilização de Imagens de Detecção Remota para Monitorização das Culturas e Estimção da Necessidades de Rega. VIII Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia, Academia Militar, Amadora, Portugal, 29 e 30 de outubro de 2015.

<https://land.copernicus.eu/>

### Sobre os autores

#### Isabel Silva Patriarca

Licenciada em Engenharia Geográfica (pré-Bolonha), integrou os quadros do Instituto Hidrográfico da Marinha Portuguesa, organismo pertencente ao Ministério da Defesa até 2018, tendo sido pioneira em Portugal e integrado a equipa responsável pelo lançamento da cartografia náutica digital eletrónica oficial baseada em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), contribuindo para uma maior segurança na navegação. Seguiu-se um período em que foi responsável pela gestão dos sistemas de informação na produção de cartografia náutica oficial eletrónica e em papel e atualização destes produtos cartográficos. Atualmente encontra-se a exercer funções de SIG e Observação da Terra dando também apoio aos sistemas de informação na Agência Portuguesa do Ambiente I.P.

#### Pedro Vilar

Atualmente exerce funções como Engenheiro de Sistemas do Espaço na empresa GMV Portugal para o desenvolvimento de sistemas e software de Observação da Terra por Satélite. Anteriormente participou em vários projetos na área da Observação da Terra e Sistemas de Informação

Geográfica em varias entidades portuguesas: Ministério da Administração Interna, Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa e Instituto Hidrográfico da Marinha Portuguesa. É Licenciado e Mestre em Engenharia Geográfica pela Universidade de Lisboa e possui uma Pós-graduação em Gestão do Conhecimento e Business Intelligence pela Universidade Nova de Lisboa.

#### Rui Gouveia

Licenciado em Engenharia de Recursos Naturais e Ambiente, possui duas pós-graduações em SIG. Responsável pelo Gabinete Técnico Florestal da Câmara Municipal do Fundão. Membro Técnico de Proteção Civil Municipal do Fundão. Foi Comandante dos Bombeiros do Fundão e é atualmente Técnico da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

#### Luís Sousa

Licenciado em Engenharia do Ambiente, Agronómica, Florestal e Segurança Higiene no Trabalho. Exerceu funções de Técnico do Ambiente no Projeto Tejo Limpo na Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. Exerce atualmente funções de Técnico de Ambiente de Campo, Técnico de Planeamento e Técnico de Controlo de Campo na Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

# Instituto Geográfico Nacional

O. A. Centro Nacional de Información Geográfica

Tu mundo,  
nuestra referencia



www.ign.es



@IGNSpain



@IGNSpain



IGNSpain



IGNSpain



IGNSpain

Mapas e imágenes en tu dispositivo móvil

**Instituto Geográfico Nacional**

O. A. Centro Nacional de Información Geográfica

General Ibáñez de Ibero 3. Madrid, 28003

91 597 95 14, fax: 91 597 97 73

consulta@cnig.es

www.ign.es



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD  
Y AGENDA URBANA

INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
NACIONAL



# Normalización y geocodificación masiva de direcciones postales mediante procesos ETL y los servicios web del callejero digital de Andalucía unificado (CDAU)

REVISTA **MAPPING**  
Vol.32, 211, 18-24  
2023  
ISSN: 1131-9100

*Massive standardization and geocoding of postal addresses through ETL processes using unified digital street map of Andalusia (CDAU) web services*

Geoffroy Detry, Javier Villarreal Piqueras, Joaquín López Flores

## Resumen

El Inventario de Sedes y Equipamientos de la Junta de Andalucía (ISE) ofrece una visión global de la ubicación de los servicios prestados por la administración andaluza, ofreciendo tanto la localización geográfica como los datos alfanuméricos más relevantes de cada servicio. El ISE solventa los problemas asociados a la gran dispersión de datos y formatos en los que cada organismo responsable los publica, integrándolos en una única base de datos PostgreSQL/PostGIS normalizada que puede ser consultada mediante un visualizador web y servicios interoperables.

Una de las tareas principales en el ISE es tratar la información de partida para que las direcciones postales sean normalizadas y que cada equipamiento o sede sea localizado a través de un punto geométrico. Estas operaciones (normalización y geocodificación), se ejecutan de forma automática utilizando el servicio WPS (*Web Processing Service*) del Callejero Digital de Andalucía Unificado (CDAU), fuente oficial de referencia de vías y portales en Andalucía. Para facilitar la tarea, las consultas han sido automatizadas dentro de flujos de trabajo implementados mediante la herramienta ETL Kettle, uno de los productos de la *suite Pentaho Data Integration*. Para ello, se invocan recursivamente las funciones de normalización y de geocodificación mediante el protocolo de comunicación REST y se interpreta la respuesta devuelta en formato JSON aislando los valores de interés (tipo de vía, nombre de vía, número de portal y juego de coordenadas) y generando las geometrías correspondientes.

## Abstract

*The Inventory of headquarters and public services of «Junta de Andalucía» (ISE) offers a global vision of the location of the services provided by the Andalusian Regional Government, offering both the geographical location and the most relevant alphanumeric data. The ISE solves the problems associated with the great dispersion of data and formats in which each responsible body publishes them, integrating them into a single standardized PostgreSQL/PostGIS database that can be consulted through a web viewer and interoperable OGC web services.*

*A major task of the project is to process the starting information so that the postal addresses are normalized and that each facility or headquarter is located through a geometric point. These operations (normalization and geocoding) are executed automatically using the web processing service (WPS) of the Unified Digital Street Map of Andalusia (CDAU), the official reference source for roads and portals in Andalusia. To facilitate the task, the queries have been automated within workflows implemented using the ETL Kettle tool, one of the products of the Pentaho Data Integration suite. To do this, the normalization and geocoding functions are recursively invoked through the REST communication protocol and the response returned in JSON format is interpreted, isolating the values of interest (road type, road name, gate number and set of coordinates) and generating the corresponding geometries.*

**Palabras clave:** Dirección postal, Normalización, Geocodificación, ETL, Pentaho Data Integration, CDAU, Inventario de Sedes y Equipamientos, ISE, REST, JSON, WPS

**Keywords:** Postal code, Address standardization, Geocoding, ETL, Pentaho Data Integration, Unified Digital Street Map of Andalusia, ISE, Inventory of governmental headquarters and public services, REST, JSON, WPS

Geoffroy Detry . NOVALIS S.A.  
[detrygeoffroy@gmail.com](mailto:detrygeoffroy@gmail.com)

Javier Villarreal Piqueras. Gabinete de Mapas.  
Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.  
[javier.villarreal@juntadeandalucia.es](mailto:javier.villarreal@juntadeandalucia.es)

Joaquín López Flores. Servicio de Estadísticas Sanitarias.  
Consejería de Salud y Consumo.  
[joaquin.lopez.flores@juntadeandalucia.es](mailto:joaquin.lopez.flores@juntadeandalucia.es)

DOI: <https://doi.org/10.59192/mapping.391>

Recepción 19/12/2022  
Aprobación 23/01/2023

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los ámbitos de actuación prioritarios establecido por el Sistema Estadístico y Cartográfico de Andalucía son los servicios públicos. La Junta de Andalucía materializa la prestación de todos sus servicios públicos a través de una amplia red de infraestructuras y equipamientos, entendidos como edificios e instalaciones donde se oferta una o múltiples prestaciones de su competencia (administrativas, educativas, culturales, sanitarias, medioambientales, etc.). El Inventario de Sedes y Equipamientos de la Junta de Andalucía (ISE) ofrece una visión global de la ubicación de los servicios prestados por la Junta.

El objetivo general del ISE es dotar a la Junta de Andalucía de un conjunto de datos agregados, alfanuméricos detallados y geográficos precisos, de todas las sedes de su estructura orgánica y de los equipamientos e infraestructuras donde se presta un servicio público o concertado.

Una de las características del ISE es que los datos proceden de cada uno de los organismos de la Junta de Andalucía competente en la materia. Cada fuente de datos tiene un enfoque distinto frente a la producción, mantenimiento y difusión de su información, por lo que los conjuntos de datos de partida son muy heterogéneos, tanto a nivel de formato como de modelo. Por otra parte, no todos los datos llegan geocodificados, sino que se encuentran en forma de lista de direcciones postales que, en numerosas ocasiones, se trata de una cadena de texto desestructurada.

La integración y el mantenimiento de los datos en el almacén de datos (*Data Warehouse* – DWH) del ISE implica la gestión de las direcciones postales para que, al final del proceso, la información sea localizada a través de un punto geométrico. Este proceso necesita dos tratamientos en cascada:

1. La normalización: una dirección postal «completa» se define como una jerarquía de componentes que incluye el tipo de vía, el nombre de la vía, el número de portal y el nombre (o código INE) del municipio (IECA, 2019). Resulta fundamental que la información relativa a la dirección postal esté lo más normalizada posible para después conseguir un mayor éxito en la geocodificación o en los procesos de interoperabilidad entre proyectos.
2. La geocodificación: la dirección normalizada se utiliza para recuperar las coordenadas del lugar asociado al equipamiento o a la sede. El proceso de geocodificación necesita una fuente principal de referencia que asigne las coordenadas exactas

de cada portal con la información alfanumérica asociada. En el caso del ISE, se utilizan los servicios web del Callejero Digital de Andalucía (CDAU), fuente oficial de referencia de nombres de vías y números de portal en Andalucía.

Existen varias herramientas desarrolladas por el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía para la normalización y geocodificación de ficheros con direcciones postales. Dado el alto volumen de datos en el ISE y la necesidad de integrar y gestionar el ciclo de vida de cada conjunto de datos en el DWH, ha sido preciso recurrir a métodos que permitieran la automatización de los flujos de trabajo. Para ello, se han implementado procesos de extracción, transformación y carga (ETL, del inglés *Extract, Transform, Load*) con la adopción de un enfoque holístico, es decir, integrando las tareas de normalización y geocodificación. Para lograr este objetivo, se han explotado los servicios de procesamiento web de CDAU (WS-CDAU) que proveen métodos tanto para la normalización como para la geocodificación (IECA, 2021).

El presente trabajo tiene como objetivo presentar la metodología, el material y el diseño de los procesos ETL relativos a la conversión de las direcciones postales en datos geográficos con coordenadas.

## 2. MATERIAL Y MÉTODO

El ISE ofrece una visión global de la ubicación de los servicios prestados por la Junta de Andalucía ofreciendo tanto la localización geográfica como los datos alfanuméricos más relevantes de cada servicio (IECA, 2022). A lo largo de los años, el modelo de datos se ha estabilizado y el inventario se ha enriquecido progresivamente de contenido. Actualmente, consta de datos de diversas temáticas que son proporcionados por los organismos públicos competentes. En este sentido, ISE recopila y armoniza datos muy variados en una base de datos única lo más completa y actualizada posible que permite su consulta y explotación mediante un visualizador web y servicios OGC de descarga (*Web Feature Service*, WFS) y de visualización (*Web Map Service*, WMS).

### 2.1. Fuente de datos

De forma general, cada organismo dependiente de la Junta de Andalucía publica, a través de sus propios canales de información, datos sobre sus respectivas sedes y la ubicación donde se prestan los servicios públicos que ofrece de carácter sanitario, educativo,

cultural, deportivo, de empleo, social, medioambiental, etc. Toda esta información sobre centros donde se prestan servicios públicos debe ser recopilada para su tratamiento en el proyecto ISE y tratada adecuadamente. De esta forma, nos encontramos ante una gran variabilidad de conjuntos de datos en cuanto a formato y calidad de la información. Los conjuntos de datos llegan a ISE tal y como son publicados por el organismo productor, es decir, con o sin componente geométrico, con dirección postal no normalizada o inexistente, sin un identificador único en numerosas ocasiones, etc. Esto genera situaciones muy dispares, tanto a nivel de la recuperación de los conjuntos de datos como de sus estructuras y características, que sin embargo, al final del proceso, deben concluir en un conjunto de datos estructurado y normalizado, geolocalizado, bien directamente (coordenadas o geometría incluida en el conjunto de datos) o bien indirectamente (vía la dirección postal).

Los datos se obtienen de formas distintas, desde archivos de texto, hojas de cálculo (CSV o MS.Excel), ficheros de tipo *Shapefile*, servicios web o API (WFS, *ATOM Feed*), hasta la recogida de los datos directamente desde la página web oficial del organismo mediante procesos manuales o de web *scraping*. Para facilitar la carga de datos en los procesos subsiguientes, todos los conjuntos de datos se insertan en ISE mediante procesos automáticos creados con herramientas ETL adaptados a las características particulares de cada uno de ellos.

Por otra parte, se utiliza el CDAU como fuente de referencia para la información alfanumérica y geográfica de los portales de todos los municipios de Andalucía. Como el ISE, el CDAU es un producto mantenido por el IECA, lo cual facilita la interoperabilidad entre ambos proyectos.

## 2.2. Material

El proyecto se apoya en las herramientas siguientes:

- PostgreSQL/PostGIS como sistema de gestión de base de datos espacial del ISE.
- *Pentaho Data Integration* (PDI) como ETL. Concretamente, se utiliza el interfaz gráfico *Spoon* que permite diseñar transformaciones y trabajos (*Jobs*) de forma visual. Las transformaciones representan una tarea ETL a través de pasos. Cada paso cumple una función determinada conectándose entre sí a través de saltos.
- CDAU como infraestructura de datos. El proceso ETL explota las operaciones proporcionadas por el WPS de CDAU, a través de su implementación en REST. Este servicio proporciona una serie de

métodos para la normalización y la geocodificación de direcciones postales, así como distintas operaciones para recuperar los códigos INE de referencia, el tipo de unidades organizativas, etc.

## 2.3. Metodología

Para entrar en el DWH, cada conjunto de datos pasa por un flujo de trabajo ETL específico, cuyos pasos se adaptan a las características intrínsecas del fichero de partida. La carga de un conjunto de datos sin componente geométrico directo (por ejemplo, una lista de direcciones postales) sigue cuatro fases (véase la Figura 1): i) un tratamiento previo de las direcciones postales, ii) la normalización de las direcciones postales, iii) la detección de los cambios (altas, bajas, modificaciones) haciendo una comparación con los datos ya existentes en la base de datos ISE y, iv) la geocodificación automática de los nuevos registros (altas) o de los registros que han sufrido una modificación de dirección.

La primera fase consiste en un tratamiento previo de las direcciones postales antes de pasar a la normalización. Aunque el proceso de normalización tolera un cierto nivel de heterogeneidad a la hora de interpretar las direcciones origen, se pueden encontrar errores de interpretación a causa de la estructura de la cadena de texto que lleva la dirección origen. Para facilitar el proceso de normalización, se estructuran las direcciones postales para que empiecen con el tipo de vía, el nombre de la vía y el número de portal. A continuación, se realizan algunas transformaciones genéricas en la cadena de texto mediante expresiones regulares incluidas en el flujo. Estas reglas permiten eliminar los artículos, los paréntesis, traducir algunas abreviaturas, identificar otros elementos postales, como el nombre del edificio, etc. (véase la Figura 2).

La segunda fase normaliza los nombres de las direcciones de los datos de partida. Para ello, se utiliza la operación [Normalizar] implementada en el WPS REST de CDAU. En PDI, se debe construir la petición REST en formato de URL de cada una de las cadenas de texto con la dirección origen, para luego procesarla en una transformación de tipo [Rest Client] (véase la Figura 3). Por lo tanto, cada registro del conjunto de datos va a recibir una URL que respeta la estructura de la petición REST de CDAU.

La respuesta son las direcciones normalizadas en formato JSON, las cuales necesitan una transformación de tipo [JSON input] donde se definen las expresiones de ruta para individualizar los elementos de dirección postal (tipo de vía, nombre de vía, número de portal, punto kilométrico) en campos separados (véase la Figura 4).

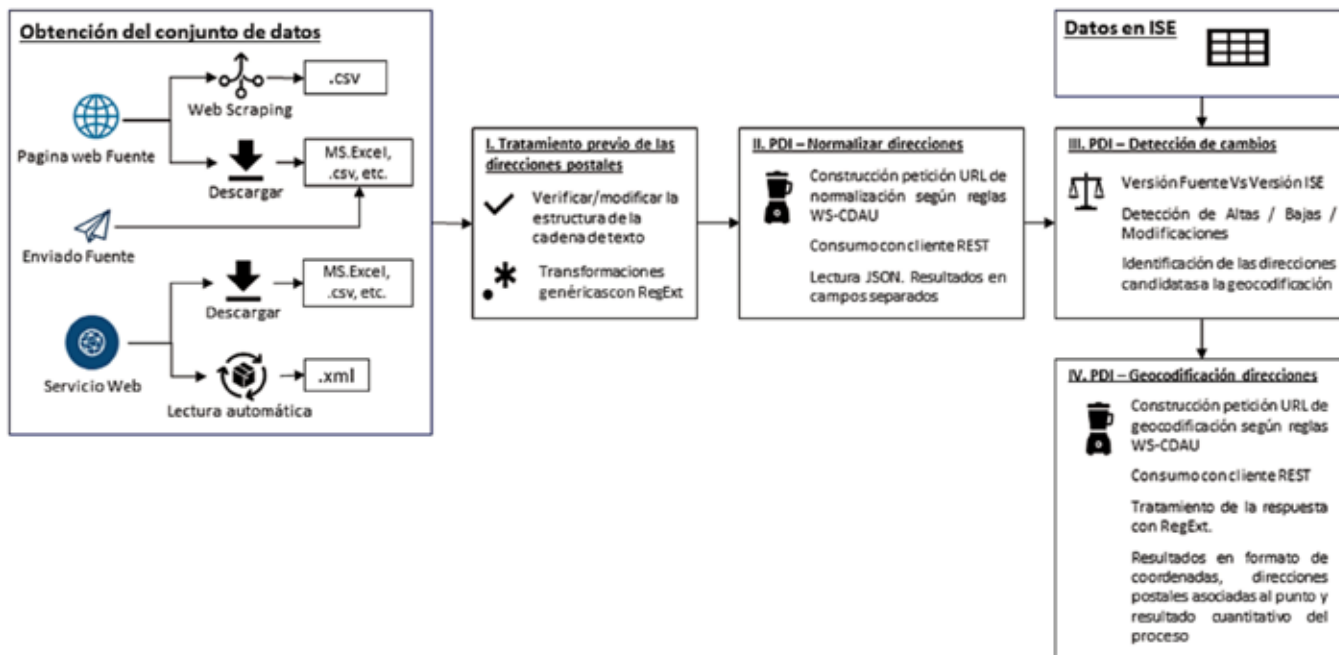


Figura 1. Esquema general de flujo de trabajo en ISE

Edificio Pizarro, C/ La Algaba Local 7, S/N → CALLE LA ALGABA, S/N. EDIFICIO PIZARRO, LOCAL, 7

Figura 2. Ejemplo de tratamiento previo de direcciones postales

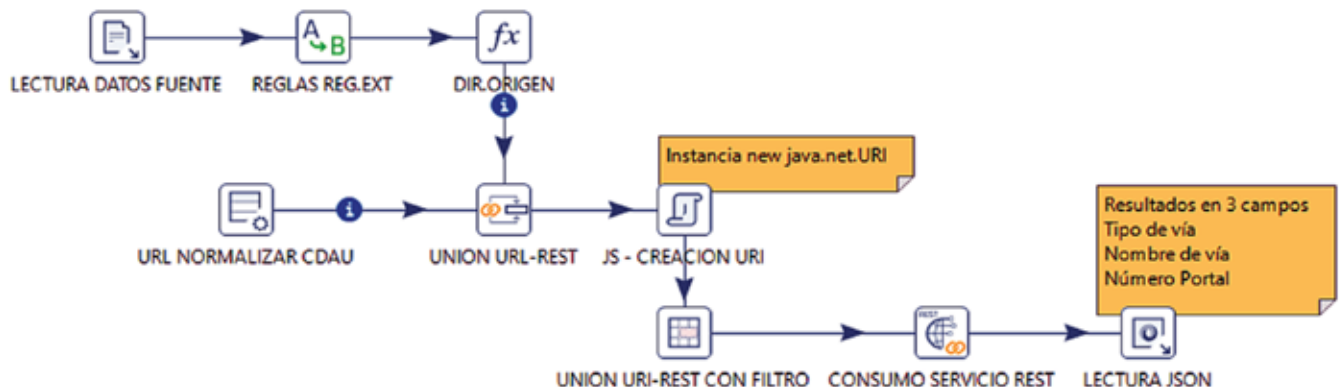


Figura 4. ETL para normalización de dirección

[http://\[dominio\]/gdprest/rest/normalizar/\[dirección origen\]?filters=filtros](http://[dominio]/gdprest/rest/normalizar/[dirección origen]?filters=filtros)

**Ejemplo**  
 http://

www.callejerodeandalucia.es/gdprest/rest/  
 normalizar/  
**Calle Francisco Palau y Quer, 17. Granada?**  
 filters=FILTER\_SYMBOLS,FILTER\_PARENTHESES,  
 FILTER\_PUNCTUATION, FILTER\_ABBREVIATION

Figura 3. Ejemplo de petición REST para normalización de dirección

En la tercera fase, se realiza una comparación entre el conjunto de datos cuya dirección origen ha sido normalizada y los datos que ya existen en el ISE. El

análisis de diferencias se realiza mediante la operación [Merge Rows (diff)]. Se especifica el identificador único o el conjunto de atributos que permiten identificar los registros de forma unívoca. Para los registros nuevos (altas) o los registros cuya dirección origen ha sufrido un cambio, se hace una primera búsqueda de direcciones normalizadas utilizando la tabla geométrica del ISE. Esta tabla cuenta ya con más de 21 000 puntos con su dirección normalizada asociada. Se ha desarrollado una función PL/pgSQL específica para comparar las cadenas de textos de dirección normalizada. La llamada y la ejecución de esta función están integradas en un flujo ETL (véase la Figura 5). Si aún no se encuentra la dirección normalizada en ISE,

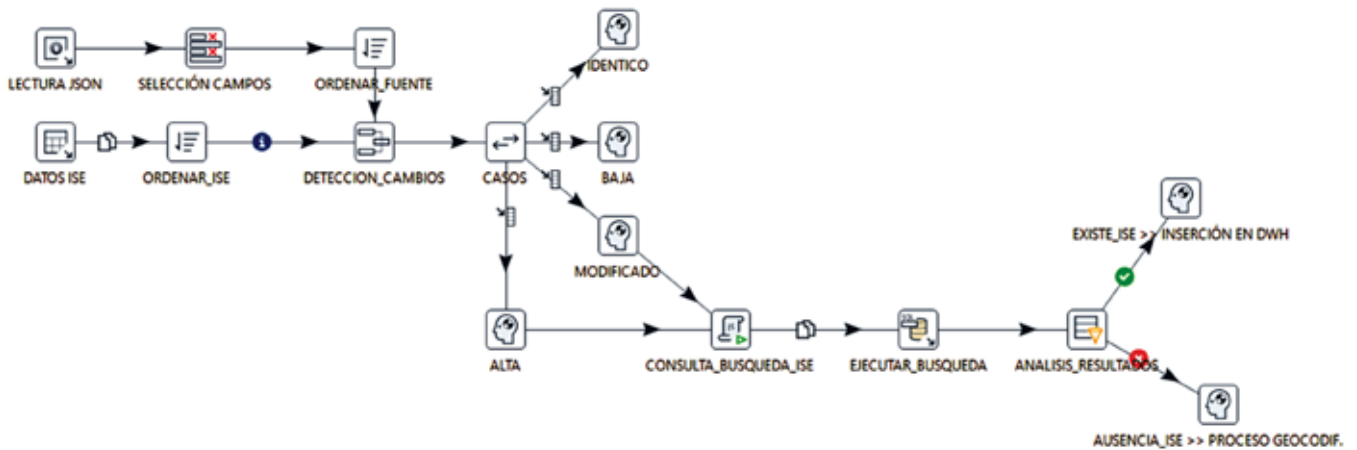


Figura 5. ETL para identificación y geocodificación de nuevas altas

[http://\[dominio\]/gdprest/rest/geocoderMunProvStreetSrs/streetName?streetnumber=streetNumber&streettype=streetType&municipio=municipio&provincia=provincia&srs=srs](http://[dominio]/gdprest/rest/geocoderMunProvStreetSrs/streetName?streetnumber=streetNumber&streettype=streetType&municipio=municipio&provincia=provincia&srs=srs)

**Ejemplo**

http://  
 www.callejerodeandalucia.es/gdprest/rest/  
 geocoderMunProvSrs/  
 BLAS INFANTE&?streetnumber=65&streettype=CALLE  
 &municipio=VILLANUEVA DE LA REINA&provincia=JAEN  
 &srs=EPSG:25830

Figura 6. Ejemplo de petición REST para geocodificación

significa que esa información es nueva y se ejecutará el proceso de geocodificación automática.

La última fase consiste en geocodificar las direcciones normalizadas detectadas como nuevas. La metodología es la misma que la de la fase de normalización, es decir, se construye la petición en formato de URL usando las reglas de la operación de geocodificación de direcciones postales mediante municipio y provincia [geocoderMunProvSrs] (véase la Figura 6).

Las URL se ejecutan en la transformación PDI de cliente REST [Rest Client]. Se recupera la respuesta en formato JSON, pero en vez de interpretarla como un fichero JSON, se implementa una serie de expresiones regulares conjuntamente en una operación [Replace In String] para volcar cada información en su respectivo campo.

Como resultado del tratamiento se recuperan i) las coordenadas [X/Y] expresadas en UTM ETRS89 huso 30 norte (EPSG: 25830), ii) la dirección normalizada asociada a cada punto y iii) los resultados de la búsqueda, es decir, el nivel de correspondencia, el índice de similitud entre la dirección normalizada de partida y la del resultado y el tipo de resultado (correspondencia exacta, parcial, no correspondencia). Todos los atributos se conservan en la base de datos del ISE. La transformación también incluye la generación de las geometrías PostGIS con el uso de la función espacial [St\_Point(X,Y)] (véase la Figura 7). Las direcciones normalizadas sin correspondencia (No Match) o con un índice de similitud bajo tendrán que pasar por una revisión visual.

### 3. RESULTADOS

Las etapas de normalización y geocodificación de direcciones postales proporcionadas por una fuente se realizan en un único flujo de trabajo y los resultados se conservan dentro de la base de datos ISE.

De forma general, todos los conjuntos de datos que llevan una dirección origen pasan por la fase de normalización. En este nivel, la manera de formatear la

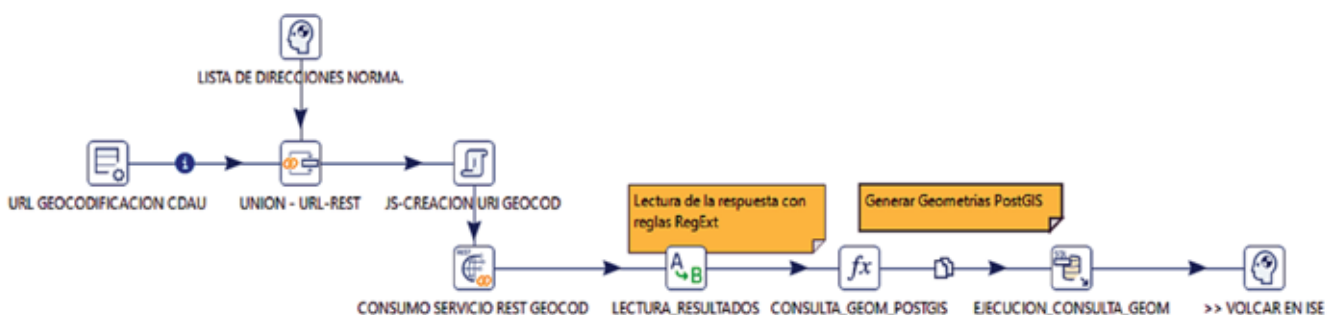


Figura 7. ETL para generación de geometrías y volcado en campos respectivos del ISE





Figura 8. Ejemplo de particularidad en el respeto de las especificaciones de uso.

dirección origen de partida es bastante heterogénea, sobre todo para los conjuntos de datos que se recogen desde la página web de la fuente. Por otro lado, la normalización no es una operación de búsqueda en la biblioteca de direcciones de CDAU, sino una operación que implementa reglas de normalización. Tampoco existen parámetros en el WS-CDAU que permitan evaluar la calidad de la normalización. Así, la operación devolverá un resultado normalizado incluso si la cadena de texto lleva elementos ajenos del tipo de vía, nombre de vía y número de portal. Este resultado puede ser erróneo y afectará directamente la etapa de geocodificación o la búsqueda de la dirección normalizada en la tabla de referencia del ISE. Para controlar la normalización, es preciso verificar la estructura de las direcciones origen antes de lanzar el proceso. En este sentido, tener todas las etapas incluidas en el mismo flujo permite realizar comprobaciones en cada momento de la cadena de tratamientos y aislar los registros que presenten una incidencia de dirección normalizada.

Para limitar el volumen de petición al WS-CDAU, se utiliza la tabla de puntos del ISE como primera referencia y se comparan las direcciones normalizadas frente a las localizaciones validadas en el marco del ISE. Este proceso permite evitar la duplicación o incoherencia entre datos dentro del ISE.

El objeto [GeocoderResultStreet] representa el resultado de la geocodificación. Este objeto incluye tanto las coordenadas del punto como los atributos que permiten evaluar el grado de éxito del proceso. Cada registro geocodificado se ve afectado por esta información, lo que permite confiar en la calidad de los resultados o plantear otros tratamientos fuera del flujo ETL. De forma genérica, un tipo de resultado «exacto» combinado con un índice de similitud superior al 95 % significa que la información ha sido geocodificada con portales exactos y su dirección normalizada coincide con la dirección de partida. Por el contrario, es posible que no se obtenga ningún resultado tras el proceso de geocodificación, debido a un error en las etapas anteriores o simplemente porque la dirección normalizada no coincida con el contenido de CDAU. Es por ello que tras el proceso ETL, algunos registros se quedarán sin componente geométrico y necesitarán una revisión manual para ubicar el edificio donde se presta el servicio.

Un problema que afecta al proceso de geocodificación son las direcciones origen incompletas. Salvo algunas excepciones, no se podría obtener un resultado con un portal exacto. En este caso, el algoritmo implementado en CDAU localizará el punto en el centro de la vía. Estas aproximaciones se pueden detectar mediante los resultados de geocodificación («índice de similitud» y «nivel de correspondencia») que facilitan la selección de estos casos para proceder posteriormente a la revisión visual.

Las peticiones deben respetar los parámetros de entrada y las especificaciones de uso. Así, por ejemplo, una vía que incluya un número en su nombre, se debe escribir con todas las letras, si no, el número se interpreta como el número de portal (véase la Figura 8).

## 4. CONCLUSIONES

El objetivo del ISE es informar sobre dónde se prestan los servicios públicos o concertados de la Junta de Andalucía a partir de la información proporcionada por las fuentes oficiales. No todos los datos llegan geocodificados. Por lo tanto, se planteó la necesidad de desarrollar un flujo de trabajo que permitiese tratar la dirección origen de partida y recuperar las coordenadas asociadas de forma automática.

Para evitar la multiplicación de herramientas, todo el tratamiento se ejecuta en un flujo único implementado con el ETL *Pentaho Data Integration*. Los datos candidatos a entrar en ISE pasan por una serie de etapas sucesivas que permiten, entre otras cosas, normalizar la dirección postal de partida y geocodificarla. Estas operaciones explotan los métodos de normalización y de geocodificación implementados en el servicio web de procesamiento del CDAU (WS-CDAU). Por lo tanto, el proyecto CDAU se usa en ISE tanto como fuente de referencia como infraestructura de datos espaciales.

Los métodos de normalización y de geocodificación se invocan a través del servicio REST de CDAU. La llamada al servicio requiere construir las peticiones al vuelo en forma de URL, respetando la estructura y los parámetros de entrada. Las URL se procesan a través del cliente REST de PDI. La respuesta se recupera en formato JSON, se interpreta y se conserva en la base de datos PostgreSQL/PostGIS del ISE.

El flujo es genérico y se puede reutilizar para todo conjunto de datos que llega al proyecto sin componente geométrico. El uso del servicio web de CDAU dentro del ETL ha permitido tanto automatizar los tratamientos como ofrecer una visión holística del flujo. Las direcciones postales se tratan en lotes y se pueden aislar los errores en cada momento del flujo. Por otro lado, el uso del WPS de CDAU permite poner en valor las infraestructuras espaciales internas y utilizar conjuntos de datos de referencia.

La principal limitación del flujo es la gestión de las direcciones postales de partida, que pueden llegar de forma confusa y necesitan un tratamiento previo. Por otro lado, las direcciones normalizadas no geocodificadas se revisan mediante un proceso visual con otras fuentes de referencia. Al final del proceso, el ISE se enriquece de información validada tanto desde un punto de vista alfanumérico como geométrico. Adicionalmente, se está desarrollando un protocolo de interoperabilidad entre ISE y CDAU para comunicar las incidencias detectadas y mejorar la calidad de ambos proyectos.

## AGRADECIMIENTOS

Proyecto cofinanciado por la Unión Europea. Fondo Europeo de Desarrollo Regional. Andalucía se mueve con Europa. Unión Europea. Junta de Andalucía

## REFERENCIAS

- IECA. 2019. «Manual de buenas prácticas para la normalización de fuentes y registros administrativos de la Junta de Andalucía. Versión 2.0». 66p.
- IECA. 2021. «Manual de integración – WS-CDAU y CdauProxyWS. Versión 2.11.0». 129p.
- IECA. 2022. «Inventario de Equipamientos y Sedes de la Junta de Andalucía (ISE). Especificaciones del proyecto». 28p. [https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/mapa\\_equipamientos/documentos/Especificaciones\\_ISE.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/mapa_equipamientos/documentos/Especificaciones_ISE.pdf)
- Información sobre Pentaho Data Integration [https://help.hitachivantara.com/Documentation/Pentaho/9.3/Products/Learn\\_about\\_the\\_PDI\\_client](https://help.hitachivantara.com/Documentation/Pentaho/9.3/Products/Learn_about_the_PDI_client)
- Información sobre CDAU - <https://www.callejerodeandalucia.es/portal/proyecto>
- InventariodeSedesyEquipamientosdeJuntadeAndalucía. Disponible en: [http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/mapa\\_equipamientos/index.htm](http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/mapa_equipamientos/index.htm)

## Sobre los autores

### Geoffroy Detry

*Máster universitario en Ingeniería Geomática y Geoinformación en la Universidad de Lieja (Bélgica). Con varios años de experiencia (universidad, público, sector privado) en Bélgica y África siempre en el mundo del SIG y de la gestión, estructuración, almacenamiento y difusión de la información espacial en general. Especializado en la gestión de bases de datos espaciales, específicamente en PostgreSQL/PostGIS. A través de la consultoría NOVALIS, trabaja con el Servicio de Producción Cartográfica del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía para gestionar el flujo de datos y la información de los proyectos del Inventario de Sedes y Equipamientos (ISE) y del Sistema de Información de Poblaciones de Andalucía (SiPob).*

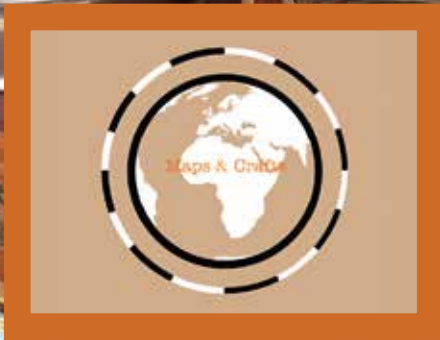
### Javier Villarreal

*Licenciado en Ciencias Biológicas. Con experiencia en los sectores público y privado, en 2013 se incorpora al Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía como asesor técnico trabajando en el desarrollo de proyectos mediante bases de datos espaciales PostgreSQL/PostGIS. Responsable de la dirección técnica de los proyectos «Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)» y «Sedes y Equipamientos de la Junta de Andalucía (ISE)» desarrollados por el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.*

### Joaquín López

*Licenciado en Geografía e Ingeniero en Geodesia y Cartografía. Con experiencia en los sectores público y privado, entre 2012 - 2021 en el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía como técnico GIS trabajando en el desarrollo de proyectos mediante bases de datos espaciales PostgreSQL/PostGIS («Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA)» y «Sedes y Equipamientos de la Junta de Andalucía (ISE)»). En 2022 se incorpora al Servicio de Estadísticas Sanitarias de la Consejería de Salud y Consumo como técnico geógrafo realizando tareas de planificación estadística, incluidas dentro del Plan Estadístico y Cartográfico de Andalucía, y desarrollo de una base de datos PostGIS con información de índole sanitario.*

# MAPS & CRAFTS



[www.mapsandcrafts.com](http://www.mapsandcrafts.com)

[info@mapsandcrafts.com](mailto:info@mapsandcrafts.com)

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

# ¿Los mapas hablan por sí solos? Comunicación en el Geoportal del Ayuntamiento de Madrid

REVISTA **MAPPING**  
Vol.32, 211, 26-32  
2023  
ISSN: 1131-9100

*Do the maps speak for themselves? Communication in  
the Geoportal of Madrid City Council*

Marta Martín Rodríguez

## Resumen

La información que se publica a través del Geoportal del Ayuntamiento de Madrid puede ser consultada, visualizada y descargada de forma libre y gratuita desde cualquier lugar del mundo. Sus conjuntos de datos, series y servicios de mapas están descritos con metadatos estandarizados que definen al detalle la información publicada. Sin embargo, el Laboratorio de Tecnologías de la Información Geográfica de la Corporación madrileña se planteó en 2020 la necesidad de extender el uso de sus recursos a perfiles poco o nada familiarizados con los Sistemas de Información Geográfica. Se pone en marcha entonces la estrategia de comunicación de la Subdirección General de Innovación e Información Urbana del Área de Gobierno de Desarrollo Urbano. Basada en un ambicioso plan de comunicación, que se convierte en el eje vertebrador de la actividad comunicativa del trabajo de toda la subdirección, la estrategia desarrollada a partir de la profesionalización de la comunicación ha logrado que la información técnica del Geoportal alcance cotas de difusión nunca imaginadas. En este artículo, se explica de forma detallada cómo se inicia esa estrategia comunicativa en un sistema que cuenta todo por sí solo, la relevancia que ha adquirido con el paso del tiempo y, en definitiva, cómo se gestiona en la actualidad la comunicación de los datos georreferenciados de Madrid.

## Abstract

*The information published through the Geoportal of Madrid City Council can be freely consulted, viewed and downloaded free of charge from anywhere in the world. Its data sets, series and map services are described with standardized metadata which define in detail the information published. However, the Laboratory for Geographic Information Technologies considered in 2020 the need to extend the use of its resources to profiles with little or no familiarity with Geographic Information Systems. The communication strategy of the General Subdirectorate for Innovation and Urban Information of the Government Area for Urban Development is then put into action. Based on an ambitious communication plan, which becomes the backbone of the communicative work activity of the entire subdirectorate, the strategy developed from the professionalization of communication has made the technical information of the Geoportal to reach unimagined levels of diffusion. This article explains in detail how this communication strategy begins in a system that counts everything by itself, the relevance it has acquired over time and, ultimately, how the communication of georeferenced data in Madrid is currently managed.*

Palabras clave: Comunicación, Difusión, Periodismo, Estrategia, Plan, Profesionalización, Audiencia, Innovación, Información

Keywords: Communication, Difusion, Journalism, Strategy, Plan, Professionalization, Audience, Innovation, Information

Marta Martín Rodríguez. Técnica de Comunicación, Subdirección General de Innovación e Información Urbana, Área de Gobierno de Desarrollo Urbano, Ayuntamiento de Madrid.  
[martinmart@madrid.es](mailto:martinmart@madrid.es)

DOI: <https://doi.org/10.59192/mapping.392>

Recepción 19/12/2022  
Aprobación 23/01/2023



Figura 1. Comunicación del Geoportal del Ayuntamiento de Madrid

## 1. INTRODUCCIÓN

La comunicación y difusión de datos geográficos es una tarea tan compleja como involuntariamente descuidada por los profesionales SIG, más volcados en la publicación de conjuntos de datos atractivos que aporten un plus a su público objetivo. El equipo del Geoportal del Ayuntamiento de Madrid se planteó hace un tiempo que los recursos disponibles en él no debían ser exclusivamente para los profesionales de la información geográfica. Debían resultar igual de valiosos para el resto de perfiles.

En esa línea se ha venido trabajando desde hace un tiempo en la Subdirección General de Innovación e Información Urbana, persiguiendo acercar a la ciudadanía no solo los servicios de mapas, también los avances en cartografía, innovación, información urbana, datos georreferenciados, callejero o gemelo digital que se producen gracias al esfuerzo del equipo. Como parte de ese objetivo, en enero de 2021 se puso en marcha la estrategia de comunicación de dicha Subdirección General de Innovación e Información Urbana, unidad dependiente de la Dirección General

de Planificación Estratégica del Área de Gobierno de Desarrollo Urbano del Ayuntamiento de Madrid.

## 2. LOS MAPAS SÍ HABLAN, PERO QUIZÁ CON TIMIDEZ

Ha quedado muchas veces demostrado que no es suficiente con facilitar toda la información en forma de servicios de mapas OGC estandarizados, en los formatos de ficheros más populares, con metadatos que ofrecen una completísima información sobre cada recurso: linaje, sistemas de coordenadas, formato, fecha de captura, datos de contacto, etc.

Para popularizar el uso de la información geográfica entre la sociedad civil, hay que ir más allá. En este sentido, la pregunta que el equipo de la subdirección se planteó hace un tiempo es muy precisa: «¿Hasta dónde queremos llegar?». Es en ese momento cuando surge la necesidad de profesionalizar la comunicación, creando y ejecutando un plan de comunicación que defina las pautas, objetivos, herramientas, etc. del proceso comunicativo en el mundo de los datos geográficos.



Figura 2. Plan de comunicación del Geoportal del Ayuntamiento de Madrid

### 3. ¿CÓMO ARRANCA LA ESTRATEGIA COMUNICATIVA?

El punto de partida es el nacimiento de Geoportal en el mes de mayo de 2019. Sale a la luz el portal creado por el Ayuntamiento de Madrid para el acceso a la información geográfica municipal y, con él, se ponen a disposición de la ciudadanía diversos conjuntos de datos para su visualización, consulta y descarga gratuitas.

Es imprescindible que, al tiempo, se pongan en marcha los mecanismos para la difusión de los recursos que ofrece desde ese momento la Infraestructura de Datos Espaciales madrileña. Lo que no se cuenta no existe.

La página web de Geoportal ([geoportal.madrid.es](http://geoportal.madrid.es)), el canal de Twitter o el espacio específico de la página institucional Madrid.es son los primeros canales en los que se inicia esa difusión. En aquellos comienzos, son los propios técnicos municipales (geógrafos, ingenieros, informáticos...) quienes se encargan de gestionar la comunicación de los recursos de Geoportal como una tarea adicional a la labor técnica que están desarrollando en el Laboratorio de Tecnologías de la Información Geográfica de Madrid.

Aquellos inicios, muy bien recibidos por los profesionales con conocimientos SIG, no cubren todas las necesidades del equipo de Geoportal. No se quiere

limitar el uso de los recursos a esos perfiles, sino que se quieren hacer extensibles al resto de la sociedad civil. Se siente la necesidad de comunicar para cumplir una de las máximas del equipo de la subdirección: los servicios del Geoportal son de toda la sociedad y para toda la sociedad, sin excepción alguna. Es ahí cuando coge forma el ambicioso reto de difusión, que va a tener como punto de partida la creación de una estrategia de comunicación.

### 4. PLAN DE COMUNICACIÓN, IMPRESCINDIBLE

¿Cómo se pone en marcha la estrategia comunicativa de Geoportal? En primer lugar, con un Programa de Empleo Temporal, que permite incorporar al equipo a una persona licenciada en Ciencias de la Información. Y en segundo lugar, con un Plan de Comunicación, cuya redacción es una de las primeras tareas asignadas a la periodista que desde enero de 2021 ocupa ese puesto.

El Plan de Comunicación de la Subdirección General de Innovación e Información Urbana es un documento cuyo objetivo es establecer las pautas básicas y objetivos de la difusión de la información en todos sus canales: el espacio de urbanismo de [www.madrid.es](http://www.madrid.es), Sede Electrónica, Transparencia e intranet



Figura 3. Canales de difusión del Geoportal del Ayuntamiento de Madrid

municipal, la página web de Geoportal, los perfiles en redes sociales (Twitter, LinkedIn y YouTube) y el boletín de noticias de periodicidad mensual.

Pero no solo es eso. Es la biblia de la actividad comunicativa de la unidad. En el plan, que distingue cinco áreas de trabajo (conocimiento, acción, uso, personas, apoyo), se presenta a la subdirección, se resumen sus competencias asignadas por acuerdo de Junta de Gobierno de la Ciudad de Madrid de 11 de julio de 2019, se recogen sus compromisos y se subraya, dentro de ellos, el de la divulgación y difusión de sus acciones y proyectos para ofrecer sus servicios y compartir su espíritu innovador tanto con el resto de las dependencias municipales del Ayuntamiento de Madrid como con otras administraciones públicas y con la ciudadanía en general.

También establece su misión: «Ser pioneros en innovación tecnológica y organizacional, contribuir al proceso de transformación digital municipal, consolidarse como el principal espacio aglutinador de la información espacial generada por el Ayuntamiento de Madrid y convertirse en la principal fuente de información geográfica municipal».

Se completa el documento especificando datos como el público objetivo, los recursos necesarios para el desarrollo del plan, los documentos de consulta básicos para la comunicación o la importancia de la revisión y evaluación de resultados.

El 1er Plan de Comunicación de la Subdirección General de Innovación e Información Urbana se presenta de forma oficial en marzo de 2021.

## 5. CANALES SIEMPRE ATENDIDOS

En una estrategia de comunicación, suele ser un error pensar que cuantos más canales se tengan más difusión se puede alcanzar. Lo difícil del proceso comunicativo no es disponer de un canal de difusión. Abrirlo es un gesto bien sencillo. Lo complicado es mantenerlo con contenidos de interés para el público al que se dirige.

Publicar información y servicios enriquecedores con la frecuencia que se decida para cada uno de ellos no es tarea de una sola persona. La comunicación siempre debe recaer en un equipo. En el caso concreto de la actividad comunicativa de la subdirección que gestiona el Geoportal madrileño interviene el equipo al completo. Algunas personas, porque con su trabajo nutren de contenidos cada canal. Otras, porque se implican en su publicación. Otras, porque orientan a la persona que redacta para la elaboración de textos tan específicos. Y otras, porque son se encargan de gestionar la propia redacción y comunicación.



Figura 4. Buenas prácticas para la comunicación en el Geoportal del Ayuntamiento de Madrid

## 6. PLANIFICAR, EJECUTAR, MEDIR, EVALUAR

La profesionalización de la comunicación ha permitido a Geoportal determinar un proceso de trabajo muy metódico y con un orden muy lógico: planificar, ejecutar, medir y evaluar.

Planificar debe ser el punto de partida. En Geoportal, lo es. Prácticamente nada se deja al azar en la estrategia comunicativa del equipo. Tras ella, ejecución y, por supuesto, medición y evaluación para valorar el acierto o no de la difusión y orientarla a nuestras necesidades.

¿Cómo cumplir esa hoja de ruta? ¿Qué se necesita?

Primero, por supuesto, un equipo. En nuestro caso, como se ha apuntado, incluye al conjunto directivo y técnico, de comunicación y de publicación.

Después, unas herramientas: de gestión, de edición y de apoyo. En nuestro caso, ¿qué sentido tiene su uso en el proceso comunicativo?

La gestión de los contenidos, trabajada con la aplicación de planificación que se decida (en el mercado, hay numerosas de uso libre), nos permite programar tareas, asignarlas, determinar plazos y necesidades... La planificación siempre va a garantizar el adecuado control de publicaciones, que se puede gestionar con un sencillo documento Excel, por ejemplo, y que supone el control del calendario de publicaciones, pasadas y futuras, así como de contenidos. Si el canal así lo permite, la programación debe

ser tomada en cuenta para reducir el riesgo de errores y tratar los contenidos con mayor calidad.

La edición, sobre todo referida a contenidos gráficos (imágenes, vídeos, GIF y otros elementos), son en la gran mayoría de los casos de elaboración propia. Existen multitud de herramientas y aplicaciones gratuitas para el tratamiento de este tipo de recursos, cualquier programa de edición de imagen y vídeo sirve.

Las herramientas de apoyo son básicas para darle un cariz aún más corporativo a cualquier información. Sirva como ejemplo el acortador de URL al que recurrimos en Geoportal. Utilizamos el asociado a la consola de contenidos con la que trabajamos con las publicaciones en las páginas institucionales, que genera una URL 100 % corporativa: [madrid.es/go/XXXXXXXXXX](http://madrid.es/go/XXXXXXXXXX). El soporte que brindan otro tipo de herramientas, como las que ofrece el sistema operativo con el que trabajamos en el Ayuntamiento de Madrid (Microsoft 365), es también relevante. Las posibilidades de SharePoint, OneDrive o el propio Teams han resultado grandes aliadas de la comunicación interna del Geoportal.

## 7. BUENAS PRÁCTICAS COMUNICATIVAS

Sobre las buenas prácticas comunicativas, muy resumidamente, deben ser lo más precisas





Figura 5. Evolución de la audiencia en el Geoportal del Ayuntamiento de Madrid

posible. ¿Qué nos distingue? Los contenidos, salvo raras excepciones, son de elaboración propia, se prima que las informaciones resulten de interés, se recurre a la programación para minimizar errores, se potencian los nuevos servicios y actividades, se planifican las actividades comunicativas, se comunica con coherencia, se definen los objetivos de la comunicación antes de la elaboración del texto y se apuesta por la variedad temática.

Como buenas prácticas comunicativas, siempre ocupará un papel destacado la correcta sintaxis y ortografía, la estética de los mensajes y las normas comunicativas que marca el propio Ayuntamiento de Madrid sobre el uso del lenguaje inclusivo y la comunicación clara.

Sobre la interacción, resulta básico en nuestra comunicación el respeto a las opiniones libres y, por supuesto, abiertas de nuestro público. Cualquier persona usuaria de los recursos del Geoportal o de la subdirección puede manifestarlas y, no solo eso, nos encanta escucharlas. El equipo entiende que nos permiten mejorar nuestro trabajo y el servicio público que ofrecemos.

Además, cualquier opinión encuentra siempre una respuesta por nuestra parte, porque es parte de la atención que dedicamos a cada canal. Muy comunes en perfiles como el de Twitter o el de LinkedIn, nunca van a faltar unas palabras de agradecimiento a la

dedicación que se ha tomado la persona al contactar con nuestro equipo ni, por supuesto, la resolución de la duda que plantea, si es el caso.

Menciones y retuits con comentarios, en su justa medida para no correr el riesgo de convertirse en *spam*, son gestos que también llevamos a la práctica.

Por último, una ligera mención al reto actual, en el que intentamos consolidar el uso de *hashtags* propios, formados siempre por el prefijo «geo»: #GeoNovedad para la presentación de un nuevo servicio, #GeoServicio para el recordatorio del conjunto de datos, #GeoJornadas para el evento anual que organizamos...

## 8. ¿QUIÉN ESTÁ AL OTRO LADO?

Aunque solo mencionadas en estas líneas, las buenas prácticas comunicativas de las que presumimos se aplican en nuestro caso a los dos tipos de comunicación en que trabajamos en la subdirección: interna y externa. Cada una con objetivos muy distintos, pero con un peso considerable en el prestigio que el Geoportal y el trabajo de la subdirección está consolidando en los últimos tiempos.

El reconocimiento en el proceso de transformación

digital o el incremento del número de productores de datos municipales como estrategias internas y ser un referente en geodatos e innovación como estrategia externa pueden ser dos ejemplos. Hay muchos otros, sin duda, igual de relevantes. Por ejemplo, extender el uso de la cartografía oficial que se gestiona desde la subdirección a estudios, aplicaciones y publicaciones municipales y de las empresas que colaboran con nuestra administración.

Para el equipo, tan importante resulta una como otra. Ambas, además, cuentan con un escaparate ideal en ese evento anual que hemos mencionado, las Jornadas de Geodatos, que se ha consolidado ya, con las cuatro ediciones celebradas, como cita imprescindible con la innovación en cartografía y los datos georreferenciados. Las GeoJornadas, que celebrarán su quinta edición el 22 y 23 de marzo de 2023, vienen contando con la participación de prestigiosos profesionales del sector que contribuyen a la buena imagen conseguida de esta cita anual, que además es el escaparate comunicativo perfecto.

## 9. SABER HACER, HACER SABER

Como indican los datos de audiencia, no lo estamos haciendo nada mal. La repercusión y el interés que despiertan los contenidos, medidos con las herramientas adecuadas, es algo que nos orienta en cada renovación del plan de comunicación.

¿Cómo gestionamos en nuestro equipo esa evaluación tan básica para seguir creciendo? Midiendo los resultados de nuestras acciones con *Google Analytics* y *Data Studio*, dos herramientas de medición y evaluación gratuitas de Google, que son las más extendidas y que cuentan con numerosas funcionalidades. Permiten medir el número de visitas de un contenido, las fuentes de tráfico, el tipo de dispositivo, el tiempo de la visita y otras métricas, consultar informes de audiencia, adquisición, comportamiento, etc.

Como parte del proceso de evaluación, medimos también el impacto de nuestras acciones en medios de comunicación, que queda descrito con un documento creado con otra de las herramientas de Microsoft 365, *Sway*.

Se revisa el cumplimiento de acciones, se crea un portfolio que permite medir el impacto en medios y, con ello, se elabora un nuevo plan de comunicación, que regirá nuestra actividad comunicativa en el siguiente ejercicio.

En Geoportal tenemos claro que «lo que no se puede medir no se puede mejorar» y, también, que «lo que no se comunica no existe». Junto a esas dos

sentencias, hay una tercera frase que repetimos con frecuencia: «Saber hacer y hacer saber». Nuestro equipo SABE HACER y desde Comunicación tenemos que HACER SABER.

## AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a todo el equipo de la Subdirección General de Innovación e Información Urbana, cuyo trabajo es imprescindible para el desarrollo y ejecución del mío. Especial mención al equipo directivo por creer en este proyecto comunicativo tanto o más que yo.

## REFERENCIAS

- Plan de Comunicación 2021 de la Subdirección General de Innovación e Información Urbana del Ayuntamiento de Madrid.
- Resumen ejecutivo del Plan de Comunicación 2021 (SGIeIU).
- Revisión anual del Plan de Comunicación 2021 (SGIeIU).
- Portfolio de difusión del Plan de Comunicación 2021 (SGIeIU).
- Plan de Comunicación 2022 (SGIeIU).

### Sobre la autora

#### Marta Martín Rodríguez

Licenciada en Periodismo por la Facultad de Ciencias de la Información de la Universidad Complutense de Madrid, Marta Martín Rodríguez trabaja en el Ayuntamiento de Madrid desde el año 2011. En enero de 2021, se incorpora al equipo del Geoportal municipal como técnica superior de Comunicación para dirigir la comunicación del portal de datos georreferenciados de la Corporación madrileña y de la Subdirección General de Innovación e Información Urbana, unidad dependiente de la Dirección General de Planificación Estratégica del Área de Gobierno de Desarrollo Urbano.



**TRIMBLE X12**  
Sistema de escaneo láser 3D

Trimble T10X  
Trimble Perspective



**TRIMBLE R12i**  
Sistema GNSS integrado

Trimble TSC5  
Trimble Access



Soluciones del mañana,  
hoy a tu alcance.



**DJI MAVIC 3 ENTERPRISE**  
Tu dron comercial para el día a día.

DJI MAVIC 3E  
DJI MAVIC 3T (THERMAL)

**dji ENTERPRISE**



**TRIMBLE SX12**  
Estación total para escaneo

Trimble TSC7  
Trimble Access



[www.al-top.com](http://www.al-top.com)  
[al-top@al-top.com](mailto:al-top@al-top.com)  
902 88 00 11

**Madrid**  
Avda. Juan Caramuel, 1, Local 2B  
Parque Científico Leganés Tecnológico  
28919 Leganés (Madrid) • (+34) 91 640 78 31

**Barcelona**  
Bofarull, 14  
08027 Barcelona  
(+34) 93 340 05 73

- VENTAS Y ASESORAMIENTO
- ALQUILER DE INSTRUMENTOS
- SERVICIO TÉCNICO
- SOPORTE Y FORMACIÓN



Paulo Nunes, João Vicente, Ana Leonor Veiga, Cristina Monteiro,  
Telmo Dias, Carla Palma, Miguel Neto

### Abstract

*Hydrography is defined as: "The branch of applied sciences which deals with the measurement and description of the physical features of oceans, seas, coastal areas, lakes and rivers, as well as with the prediction of their change over time, for the primary purpose of safety of navigation and in support of all other marine activities, including economic development, security and defence, scientific research, and environmental protection" (Publication S-32). Due to their broad concept hydrographic data and information provide the foundational bases for marine space management, fisheries, coastal environment, policy decisions, shipping, energy and oil industry, etc.*

*Portuguese Hydrographic Institute (IH) manages geospatial datasets from several scientific and technical domains. Data management has been on daily agenda and always has an internal priority. Facing the digital transformation tsunami and rapid evolution of society data requirements is the main driven for developing an internal sustainable open data strategy aligned with findable, accessible, interoperable and reusable (FAIR) principles and as open as possible.*

*The European Open Data and Open Science strategies combined with the need to fill the ocean knowledge gaps are changing the way how data producers deal with geospatial information.*

*This article presents several IH projects to increase sharing and reuse of hydrographic data by society.*

### Resumen

La hidrografía se define como: «la rama de la ciencia aplicada que trata sobre la medición y la descripción de las características físicas de los océanos, los mares, las zonas costeras, los lagos y los ríos, y también sobre la predicción de sus cambios en el tiempo, teniendo como objetivo principal la seguridad de la navegación y en apoyo de todas las otras actividades marítimas, incluyendo el desarrollo económico, la seguridad y la defensa, la investigación científica y la protección ambiental». (Publicación S-32). Debido a su concepto amplio, los datos y la información hidrográficos proporcionan las bases fundamentales para la gestión del espacio marino, la pesca, el medio ambiente costero, las decisiones políticas, el transporte marítimo, la industria energética y petrolera, etc.

El Instituto Hidrográfico Portugués (IH) gestiona conjuntos de datos geoespaciales de varios dominios científicos y técnicos. La gestión de datos ha estado en la agenda diaria y siempre tiene una prioridad interna. Enfrentar el tsunami de transformación digital y la rápida evolución de los requisitos de datos de la sociedad es el principal impulso para desarrollar una estrategia interna de datos abiertos sostenibles alineada con los principios FAIR y lo más abierta posible. Las estrategias europeas de datos abiertos y ciencia abierta, combinadas con la necesidad de colmar las lagunas de conocimiento sobre los océanos, están cambiando la forma en que los productores de datos tratan la información geoespacial.

Este artículo presenta varios proyectos de IH para aumentar el intercambio y la reutilización de datos hidrográficos por la sociedad.

**Keywords:** *FAIR Principles, Hydrography, Marine Spatial Data Infrastructures, Ocean Decade, Open Data*

**Palabras claves:** *Datos abiertos, Hidrografía, Infraestructuras de Datos Espaciales Marinos, Principios FAIR, Ocean Decade*

Paulo Nunes. Instituto Hidrográfico.

[antunes.nunes@hidrografico.pt](mailto:antunes.nunes@hidrografico.pt)

João Vicente. Instituto Hidrográfico.

[delgado.vicente@hidrografico.pt](mailto:delgado.vicente@hidrografico.pt)

Ana Leonor Veiga. Instituto Hidrográfico.

[leonor.veiga@hidrografico.pt](mailto:leonor.veiga@hidrografico.pt)

Cristina Monteiro. Instituto Hidrográfico.

[cristina.monteiro@hidrografico.pt](mailto:cristina.monteiro@hidrografico.pt)

Telmo Dias. Instituto Hidrográfico.

[geraldes.dias@hidrografico.pt](mailto:geraldes.dias@hidrografico.pt)

Carla Palma. Instituto Hidrográfico.

[carla.palma@hidrografico.pt](mailto:carla.palma@hidrografico.pt)

Miguel Neto. NOVA IMS.

[mneto@noveims.unl.pt](mailto:mneto@noveims.unl.pt)

DOI: <https://doi.org/10.59192/mapping.393>

Recepción 19/12/2022

Aprobación 27/01/2023

## 1. INTRODUCTION

Marine data stakeholders need to redefine their way of thinking in the geospatial data sharing process. The open movement is gathering major attention because of its promising benefits for society. However, marine high-quality in-situ data is still expensive to acquire. For this reason, it is critical to ensure the sustainability of data producers and mapping authorities due to their significant role as reference data keepers.

New sensors and sensing techniques are increasing the amount of data, but data produced by full automatic processes raises questions about quality, confidence and metadata completeness.

Marine data and information have wide applications for knowledge and economic development, e.g.: fisheries stock assessment and management, environmental monitoring and protection, navigation and trade, renewable energies and other resource development, infrastructure construction, security and defence, search and rescue, and scientific research and development.

It is widely recognized that data is a key ingredient for enhancing knowledge about the surrounding world. Thus, the frontiers of technology and data processing have always been pushed forward. In a digital data environment, remote sensing data, internet of things and machine learning techniques are all promising tools. But, none of them work completely without the human factor and they require highly skilled human resources.

Digital data market should be fair for consumers and producers as in any other exchange. This fact is obvious in business-to-business relations. However, in government-to-business relations, the users demand free and open data access, based on a taxpayer rights. This is a strong argument to increase public and open data access, but the European countries have diverse finance models, data sovereignties and copyrights models. In many countries, the state data producers still remain the only reference data producers in several domains. However, they still depend on data products and services revenue to balance their budget and to keep their finances sustainable. Decision-makers need to keep in mind that data and information always have a cost to collect and make it accessible. Nothing is given for free, not even the web services with hiding business models that appear to be... free.

The critical question is - how to make public data accessible, even by law, and keep finances sustainability of public data producers without full budget support from public funds? This is a tricky question with multiple dimensions. Until this scenario changes, lots of public data producers need to keep some data products and services with full copyright property protection.

Quality Assurance and Quality control, guided by the best practices, continue to be the way to ensure the best reference data and require a significant human effort. Easy access to data induces the wrong feeling about the easiness for acquiring and processing those data. For sure, newly data analytics, algorithms, and data management systems came to make data analyst life easier. The amount of data is increasing exponentially day by day, the management and processing of big data is still a challenge, even for the most modern high-capacity systems. Keep data management on trail requires regular investment in personnel education and training, as in equipment. No matter how much data access seems easy, data collection, information and knowledge production keep their costs and long term sustainability of data infrastructures is still a real issue to deal with.

To take advantage of the digital revolution, to accelerate research and to engage the power of machine analysis at scale, while ensuring transparency, reproducibility and societal utility, data and other digital objects created by and used for research, and in all other activities, need to follow FAIR principles (see Figure 1) - findable, accessible, interoperable and reusable (FAIR) (European Commission, 2018).

FAIR principles are gathering attention from data communities, in all scientific and society domains, since the publication of the FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship (Wilkinson, Mark D.; Dumontier, Michel; Aalbersberg, Jan IJsbrand; et. al., 2016) in 2016.

- Findable: users only use and reuse data if they can find them. The key elements to find data is the metadata (or rich metadata: completeness and the right descriptors use are fundamental), adopt persistent identifiers like digital object identifiers and implementing indexing mechanisms, all of those are simple principles to make data visible for users.



Figure 1. FAIR data approach (SciencesPo, n.d.)

- Accessible: Once the user finds the required data, they need to know how it can be accessed, possibly including authentication and authorisation. The licence and data access protocols description in metadata is the rule.
- Interoperable: The data usually needs to be integrated and combined with other data. Also, data needs to be interoperable between applications and systems. The use of interoperable formats and standard vocabularies are key elements.
- Reusable: The ultimate outcome for FAIR principles adoption is to optimise the reuse of data. To achieve this goal, metadata and data should be well-described. Data processing workflows should be referenced to community standards and best procedures. The provenance of data should be clear for users and the completeness of metadata should give no space for misinterpretation by users.

As noticed from previous definitions, FAIR data and open data are different concepts, although they have similarities and are dependent from each other. Open data is related with the license for use or reuse some data property – data belonging to someone, normally a data producer and the owner may exercise property rights over those assets or allow the use of those data by third parties.

FAIR data intends to potentiate the reuse of data by adopting the best principles to optimize search, finding, interoperability and reuse. This means that data can be FAIR, even if it stays with restrictive license or when it is accessible by everyone with an open licence to use and reuse (open data). It depends completely on the purpose of the data, where the data currently is in its lifecycle, and the end-usage of the data.

Making FAIR data a reality requires investment, but it is an investment with significant scientific benefits and economic returns. Numerous studies demonstrate the economic benefit and very strong value proposition of data repositories and data services (European Commission, 2018). Many authors focus primarily in the value of data openness (adopt open licences is different from provide data with no costs) but the truly value comes from implementation of the FAIRness of data combined with the use of the appropriate license model.

According to data.europa.eu - "Making data available as open data across the EU Member States is vital to leverage its potential for the European society and economy, for example, to enrich research, inform decision making, or develop new products and services. The impact of open data is mainly realised through application and depends on factors like costs, quality of the data and its documentation, or the modality of access. To further

increase the impact of open data and reduce market entry barriers for start-ups and small and medium-sized enterprises (SME), these factors need to be addressed. To achieve this most effectively, efforts should target those datasets that have the biggest potential for society and the economy" – the High-Value Datasets (HVD). (European Commission, 2020).

HVD is one of the most important concepts defined in the Open Data Directive (ODD). It is expected to generate important benefits for society by open HVD data themes. Those impacts will affect the environment and the economy. The Open Data Directive currently defines six categories of HVDs: geospatial, earth observation and environment, meteorological, statistics, companies and company ownership, mobility (European Parliament, 2019).

The European strategy for data intends to leverage a single market for data that will ensure Europe's global competitiveness and data sovereignty. Common European data spaces will ensure that more data becomes available for users, while keeping the companies and individuals who generate the data in control (EU, 2020). Between 19 February and 31 May of 2020, the European Commission launched an online consultation about European Strategy for Data. The report and findings can be accessed online (European Commission, 2020). The report highlights several conclusions and potentials responses, some of which were transposed for Open Data and the re-use of public sector information also known shortly as ODD. The ODD is a legislative act that sets out goals that all Member States must achieve, while it does not provide specific obligations on how to reach those goals.

It is up to the Member States to transpose the Directive into national law in order to make the objectives, requirements and deadlines directly applicable.

The ODD mandates the Commission to develop an implementing act laying down a list of specific HVD that Member States will be obliged to publish.

However, till October 2022 the implementing act is still to be published and the official list of HVD has not been released. The identification of HVDs is a challenge by itself, as explained in the Analytical Report 15 – High-value datasets: understanding the perspective of data providers (European Commission, 2020).

The ODD introduces the following principles in its legal text (Government of Ireland, 2020):

1. Dynamic data and use of APIs;
2. Introduction of Implementing Acts to improve access to HVD;
3. Scope expanded to include public undertakings;
4. Amendment to charging principles;
5. Prohibition of exclusive arrangements.

HVD is the most important concept in ODD and the open movement is growing day by day. In all countries the public data producers are working to correspond at market demands and the Portuguese Hydrographic Institute developed a data policy in line with all these questions.

Amongst the benefits resulting from open data initiatives we can refer four main types of impact (Young & Verhulst, 2016): (i) create economic opportunity, by enabling business creation, job creation, new forms of innovation, and stimulating economic growth; (ii) help to solve complex public problems, by improving situational awareness and preparedness, increasing knowledge and expertise to bear on public problems, and by allowing policymakers, civil society, and citizens to better target interventions and track impact; (iii) improve governance, by enhancing transparency and accountability, improving service delivery and efficiency gains, and increasing information sharing within and outside city domains; and (iv) empower citizens, by improving their participatory capacity, and by acting as a catalyst for social mobilization.

The European Open Data and Open Science strategies are changing the way as Data, Information, Knowledge and Wisdom (DKIW) producers deal with geospatial information. We are living a geospatial data revolution. The open data principle is becoming an increasingly important part of the data revolution, which is recognized worldwide as a key engine for achieving the post-2015 UN Sustainable Development Goals (Petrov, Gurin, & Manley, 2016). Large quantities of data are collected and stored by various groups of public and private agencies all over the world for a wide variety of purposes (Contarinis, Pallikaris, & Nakos, 2020).

The acquisition of marine data is an example of this. The IHO Data Centre for Digital Bathymetry (DCDB), EMODNet, SeaDataNet, Framework of Ocean Observing (FOO), Global Ocean Observing System (GOOS) are examples of European and international systems designed to store and share marine data. Due to their importance, marine data should be properly managed and made available in formats useful for all scope of potential uses and users.

Marine spatial data theme is used to reference: hydrographic data, oceanographic data, land and coast data, meteorology and climate data, etc. (Contarinis, Pallikaris, & Nakos, 2020).

United Nations announced the Decade of Ocean Science for Sustainable Development to mobilize the scientific community, policy-makers, business and civil society around a programme of joint research and technological innovation. A fundamental goal of this initiative should be to enable governments to make

informed policy decisions about their marine resources.

Hydrographic data and information are essential for the safe, efficient and sustainable conduct of every human activity that takes place in, on or under the sea. Hydrography is inherent to the three dimensions of the sustainable development of the oceans, ensuring that the marine environment is respected and that no adverse economic or social impact is incurred (IHO, 2019).

As every human activity conducted on sea environment relies on knowing the depth and the nature of the seafloor, equally important are tides and currents data, hydrography is an essential foundation to the development of the Blue Economy (IHO, 2019). As it is claimed by Loew, T. (2019) "Hydrographic information drives marine knowledge".

Traditionally, the use of hydrographic information was restricted to the production of nautical charts. Currently, mapping the seabed is not only important for safety of navigation but also for other domains, such as: scientific research, sustainable management, decision support, among others (Dias, 2021).

In the end, hydrographic data contributes to the development of ocean and coastal economic activities, and geographic information systems provide the means to extract the required value. Hydrographic data is the foundation for building a maritime data management system, in the framework of a Marine Spatial Data Infrastructure (MSDI) for broader use (Ponce, 2014).

## 2. MARINE SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE (MSDI)

Spatial Data Infrastructures (SDI) are defined by SDI Cookbook as "the relevant base collection of technologies, policies, and institutional arrangements that facilitate the availability of and access to spatial data". Inside the SDI definition we find the requirements to implement the Findable, Accessible, Interoperable and Reusable (FAIR) principles. Spatial Data Infrastructure (SDI) provide a framework for organising geographic data, metadata, tools and users with rules, relationships and standards. A Marine SDI (MSDI) is not meant to be separated from other SDIs but is complementary in the coastal zone and oceans. Hydrographic data and information is the basis of MSDIs (Ponce, 2014).

The publication C-17 from International Hydrographic Organization (IHO) defines MSDI as the element of an SDI that focuses on the marine input in terms of governance, standards, Information Communication and Technology (ICT) and content.

MSDI allows “wider appreciation in terms of the way a variety of data types might be combined for efficient analysis by a wide range of disciplines, such as spatial planning, environmental management and emergency response. This requires data to be held in a generic way, rather than for a particular product for a limited user group or for a specific purpose. An MSDI is not a collection of hydrographic products, but an infrastructure that promotes interoperability of data at all levels”. (IHO, 2017).

MSDI are vital for the spatial management of coastal and marine areas, as they contain about 40 % of the world’s population (within 100 kilometers of the coast) (CIESIN, 2012) and 90 % of the catches from marine fisheries (Barbier, 2017). Coastal zones also reveal higher rates of population growth and urbanization (Neumann, et al., 2015).

The value of geospatial information increases as it becomes discoverable and usable, hence helping national and local economies. In short, MSDIs (Natural Resources Canada, 2018):

- Provide a simple, efficient, expandable and transparent governance solution;
- Facilitate provision of targeted marine applications, tools and services;
- Promote access, visibility, and delivery of value-added products;
- Leverage existing federal and international initiatives.

Hydrography has a vital role in MSDI in providing core “reference” data (such as bathymetry, maritime boundaries, coastline and geographic areas and names). After all, Hydrography is the branch of applied science which deals with the measurement and description of the physical features of oceans, seas, coastal areas, lakes and rivers, as well as with the prediction of their change over time. It does this firstly for the purpose of safety of navigation but also plays a crucial role in the support, through its data and information resources, of all other marine activities, including economic development, security and defense, scientific research, and environmental protection (IHO, 2017).

Geospatial information should be integrated with any other meaningful data to solve societal and environmental problems, and act as a catalyst for economic growth and opportunities, and to understand and take benefit from a nation’s development priorities and the Sustainable Development Goals. United Nations recognizes its importance at international level. The United Nations Integrated Geospatial Information Framework (UN-IGIF) defines a strategy plan based on 9 pathways to help world countries to maximize the economic and social impact of

geospatial data. The UN-IGIF offers a strategic guidance documentation with the basis and guide for developing, integrating, strengthening and maximizing geospatial information management and related resources in all countries.

The IGIF (UN-GGIM, n.d.) comprises three parts:

Part 1 is an Overarching Strategic Framework: sets the context of ‘why’ geospatial information management needs to be strengthened and why it is a critical element of national social, economic and environmental development. It focusses on the role of geospatial information in the digital age and how that information is critical to government functions at all levels.

Part 2 is an Implementation Guide: describes ‘what’ specific guidance, options and actions can be undertaken by Member States to strengthen their geospatial information management. Expanding on each of the nine strategic pathways, the Implementation Guide provides the roadmap for implementing the IGIF.

Part 3 is a Country-level Action Plan: is specific to each country and details ‘how’ the guidance, options, and actions recommended in the Implementation Guide will be carried out, when and by whom. IGIF develops the processes, resource materials, templates and examples that are available and that are helpful to first develop a national action plan.

### 3. DATA POLICY OF PORTUGUESE HYDROGRAPHIC INSTITUTE

The Portuguese Hydrographic Institute (IH) has been an organization ahead of its time. Since the beginning, it has accompanied the conceptualization of data infrastructures and has progressively been updating its processes to meet the needs of the users of its products: the Navy, navigators, researchers and citizens in general (IH, 2021). The combination of marine spatial data (Figure 2 shows some examples of marine data themes manage by IH) for efficient analysis also supports some of the world’s current major challenges: development of a sustainable blue economy, e-navigation, emergency planning and response, climate change and its impacts on sea level rise and ocean acidification, and Marine Spatial Planning (MSP).

The IH as a National Hydrographic Service and State Laboratory, implements processes, computer algorithms and information systems for data management that make it possible to store, process, analyse, preserve and share this data with third parties (IH, 2022).

The sharing process is ensured through data portals, by



the publication and dissemination of scientific articles, as well as through the data transfer service, complying with the quality standards of the various scientific disciplines and with the main national and international standards and good practices (Nunes, 2022).

The IH participates in the effort and benefits from the regional and international infrastructures for sharing marine geospatial information, which have been assuming a leading role with the technological evolution operated on the internet. The growing sharing of geospatial information, following open formats and licenses, contributes directly and indirectly to the economic growth of the country and to national, regional and global scientific development (IH, 2022).

The IH has closely followed the evolution of SDIs. To address the geospatial data needs for improvement, IH started to build a new MSDI through the Hidrográfico+ project, which was designed following the structuring principles of the SDIs and integrates, in its architecture, the guiding principles of the International Hydrographic Organization (IHO) and the European directives: INSPIRE and the ODD (Nunes, Paulo; Saraiva, Sérgio; Almeida, Sara; Veiga, Leonor, et. al., 2022).

The MSDI frontend is a centralized webGIS – Hidrografico +<sup>1</sup>. In the portal, users will find several marine and hydrographic datasets: environment observations at sea, forecasts, nautical charts and hydrographic information. The MSDI implements

several functionalities for users (see Figure 3).

From the systems architecture point of view the IH MSDI implements several open source technologies. This allows IH to be compliant with INSPIRE and IHO MSDI requirements and to publish diverse data sources and formats through web services (IHO, 2022).

The main challenges will keep the MSDI aligned with digital data strategies at different levels. This is a digital environment with a continuous evolution who requires a rapidly adaptation to new clients and stakeholders. Data harmonization and development of S-100 based web services will be for sure a challenge for future (IHO, 2022).

The OGC services are the ground base for share and reusing data among several systems. IH invested in the OGC web services portfolio and new web applications for data access.

Next sections present several examples about services and products for society aligned with the open data movement. They are examples of projects in which the IH is involved, which portray its commitment in sharing data and information for the generation of knowledge in the field of marine sciences.

### 3.1 Electronic Nautical Chart Web Map Service

The Hidrografico+ marine geospatial data and information infrastructure aims to be the only web access point to IH data. At the beginning of 2022, a new Web Map Service (WMS) (see Figure 4) was implemented which allows the publication of nautical cartography available in the S-57 (IHO, 2000) format with the symbology associated

<sup>1</sup> <https://geomar.hidrografico.pt>

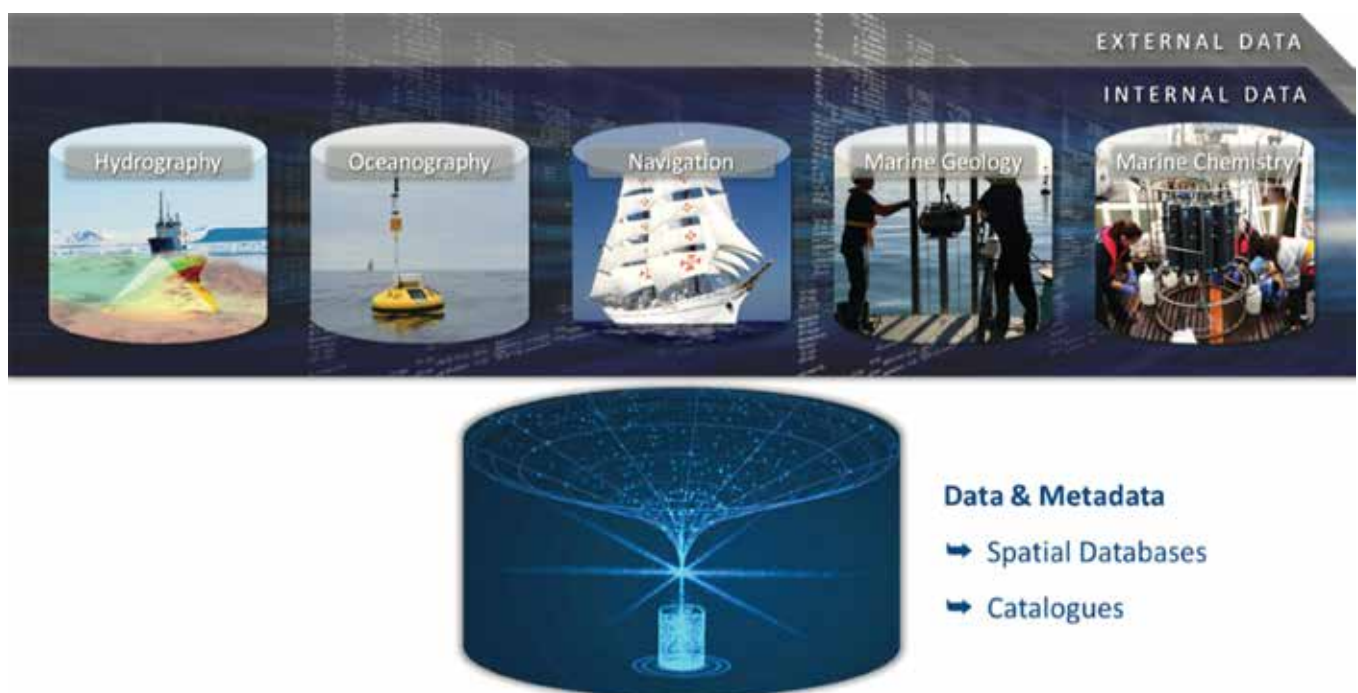


Figure 2. Data themes managed by Portuguese Hydrographic Institute



Figure 3. Hidrografico+ MSDI functionalities and components

with the electronic navigation chart - S-52 (IHO, 2014).

By accessing to this resource<sup>2</sup>, users access the electronic cartography basemap with national coverage, through standardized formats of the Open Geospatial Consortium (OGC) WMS. The Electronic Nautical Charts

<sup>2</sup> The server is accessible with DNS enc.hidrografico.pt and the service properties can be viewed through a GetCapabilities request in the browser using the url: <https://enc.hidrografico.pt/?SERVICE=WMS&VERSION=1.3.0&REQUEST=GetCapabilities>.

(ENC) and Inland Electronic Nautical Charts (IENC) are the most updated chart information for all Portuguese maritime waters, also available for Douro and Guadiana inland waterways. These charts are accessible free of charges for non-commercial purposes by public and private users. The access could be done in a seamless way only by uploading a WMS url in GIS web or desktop systems. This basemap is of great interest for marine spatial planning activities, for planning the installation of infrastructures at sea, for hydraulic studies and many others applications.

### 3.2 SEAMAP 2030 – Bathymetric Open Data

The SEAMAP 2030 program<sup>3</sup>, Mapping the Portuguese Sea, aims to provide bathymetric coverage of the seabed in high resolution (using multibeam sounders) from 30 meters deep to the edge of the EEZ or to the outer edge of the extended continental shelf (legal) when and under the terms in which the Portuguese claim is recognized by the United Nations (Soares, 2020).

This program aims to contribute to the worldwide knowledge of the seabed morphology, completing the high-resolution mapping of the maritime spaces by 2030 and is part of a global context that recognizes and understands the importance of the oceans and their increasing value in the future (Dias, 2021).

<sup>3</sup> <https://www.hidrografico.pt/iprojeto/16>



Figure 4. ENC Web Map Service

High-resolution seafloor mapping campaigns in the Portuguese waters started in 2005, in an effort to acquire the necessary data to support the continental shelf extension claim. In the following years the hydrographic surveys were continued with less frequency and in 2017, aligned with the Seabed 2030 project<sup>4</sup>, the SEAMAP 2030 program was launched (Dias, 2021).

More recently, the IH has been requesting bathymetric data from other national and foreign institutions, such as data acquired by scientific cruises in national waters. These data, after being validated, also become part of the SEAMAP 2030 database, contributing to the increase in national bathymetric coverage.

The SEAMAP 2030 program has revealed to be more than just hydrographic surveys to complete seafloor mapping (Dias, 2021). Specific products have been developed, such as bathymetry grids to be made available free of charge through the geospatial data and information infrastructure Hidrográfico+. This service<sup>5</sup> provides bathymetric grids for the Atlantic sea in an area specified by the Portuguese jurisdictional waters.

Through this service, the IH offers gridded bathymetric data for users interested in the topography of the seabed. This data provides the depth of the seafloor in meters and is downloadable in predefined areas (see Figure 5). Bathymetric grids were built with resolutions according to Table I which are updated with new information at least once a year.

Although the bathymetric grids available are based on the best available bathymetry and every effort is made with respect to the quality control, the data products available from this service are not to be used for navigation or for any other purpose related with the safety of navigation.

In a very simple and friendly way, the user has access

to the depth grids by choosing the specific tile and by filling out a form requesting data (see Figure 6).

Then the user will receive the data by email, as well as the associated metadata (see Figure 7).

In addition to this functionality, this service gives access to a layer with the main structures of the submarine relief. It is possible to have a 3D visualization of the main submarine canyons, hydrothermal vents, banks, seamounts, cliffs, plains and other underwater structures in the Portuguese sea.

### 3.3 GUAD20 Project – Guadiana Natural Navigable Heritage

The GUAD20 project was launched in 2017 with funding from the European Regional Development Fund (FEDER) within the scope of the Portugal-Spain Cross-border Cooperation Operational Program (POCTEP INTERREG V-A 2014-2020), and in addition to the Portuguese Hydrographic Institute had as partners the Public Agency of Puertos de Andalucía (APPA - Promoting Entity) and the General Directorate of Natural Resources, Security and Maritime Services (DGRM).

Interreg Europe's aim was to help regional and local governments across Europe to develop and deliver better policy. The Interreg program is one of the main instruments for economic, social and territorial cohesion in the European Union. Created as a community initiative in 1990, Interreg became a formal objective of Regional Policy in 2000, identified as European Territorial Cooperation (ETC) whose overall objective is to promote harmonious economic, social and territorial development throughout the Union<sup>6</sup>. The ETC began with the promotion of cooperation between cross-border regions of Member States, later extended to transnational and interregional cooperation.

<sup>4</sup> <https://seabed2030.gebco.net>. Seabed 2030 is a collaborative project between the Nippon Foundation and GEBCO with the goal of the complete mapping of the world's oceans by 2030. The effort is also compiling all bathymetric data into the freely available GEBCO Ocean Map.

<sup>5</sup> <https://gridmar.hidrografico.pt/>

<sup>6</sup> <https://eurocid.mne.gov.pt/interreg>

Table I – Resolution in meters according to depth range

Depth Range (m)	Resolution (m)
50-250	32
250-1000	64
1000-2000	128
2000-4000	256
4000	512

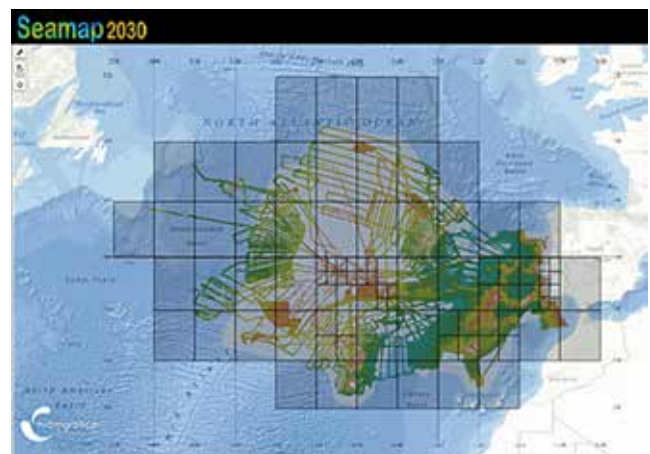


Figure 5. Gridded bathymetric data available at <https://gridmar.hidrografico.pt/>



Figure 6. Access and Request depth grids

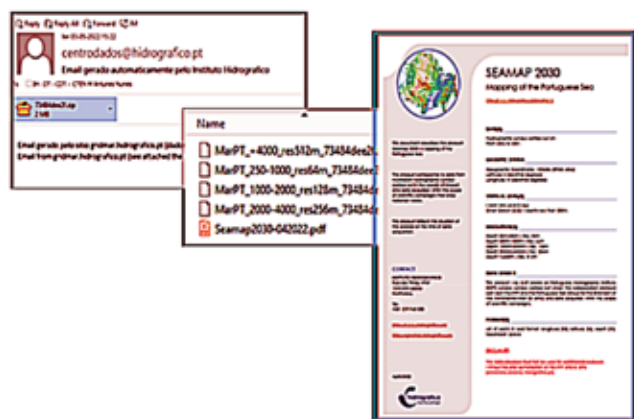


Figure 7. Received data and metadata

The GUAD20 project aimed to rehabilitate the navigability of the Guadiana River on the international section between Vila Real de Santo António and Pomarão (see Figure 9), in safety conditions, as well as to rehabilitate some existing port infrastructures.

Both countries are focused on promoting this natural and cultural asset, which must be boosted with safety and control requirements, while also preserving the environmental values present throughout the Guadiana valley.

The interventions already carried out and the ones planned for the Guadiana River, have strengthened the relations between Portugal and Spain. They also can stimulate economic development and job creation in the surrounding municipalities, by encouraging recreational and tourism nautical activities<sup>7</sup>.

Within the scope of this project, several hydrographic surveys were carried out by the IH in the entire international section, while the physical and chemical characterization of sediments has been conducted between Alcoutim and Pomarão.

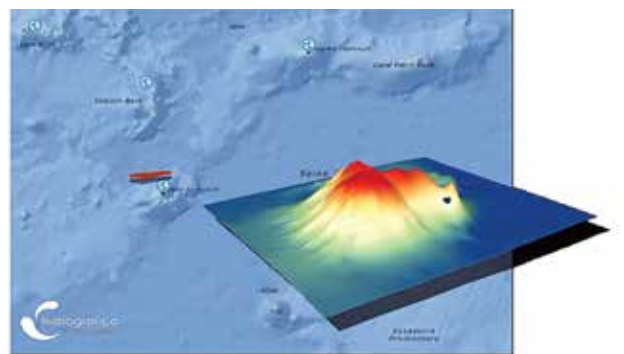


Figure 8. Submarine relief – 3D visualization

DGRM boosted the regularization of funds in the silting areas that were a danger to navigation, and from the combination of all the bathymetric information with the updated hydrographic data in the intervened areas, it was possible to readjust and redefine the route of the navigation channel (Alcoutim to Pomarão) and implement the respective signalling through the placement of beacons, lights and targets.

APPA proceeded with the construction and improvement of several existing port infrastructures in the international section. The project culminated with the publication of nautical cartography of the river series (paper and digital). Inland Electronic Navigational Charts (IENC), S-57 format, for the Guadiana Waterway are available on the IH website and can be downloaded for free<sup>8</sup>.

### 3.4 Data analytics - from sensing data to smart data

Ocean decade identified the urgent need for better and broader scientific knowledge to support and drive effective policies and actions. Data Science field offers new tools to analyse ocean data in an efficient way. Algorithms based on supervised and unsupervised classification, for example, help data scientists to process large volumes of data. Ocean is a large space and an extreme environment for sensors. As explained before, the complete measurement of this space is impossible. This is why data analytics is so important for ocean knowledge. Advanced 3D interpolation based on geostatistics, like Empirical Bayesian Kriging 3D (EBK3D) (see Figure 5), gives new opportunities for ocean studies. With these statistical tools it is possible to compute complete 3D models of large ocean areas from in-situ point measurements (Figure 3 shows examples of analytical techniques use for ocean modelling).

Portuguese Hydrographic Office in association with several research institutions (University of Lisbon and Politécnico de Leiria) developed the project

<sup>7</sup> <https://www.sulinformacao.pt/2021/07/dgrm-participou-nas-jornadas-do-projeto-guad20-guadiana-patrimonio-natural-navegavel/>

<sup>8</sup> <https://www.hidrografico.pt/cart.guadiana>



Figure 9. Guadiana river basin (adapted from APA (2015))

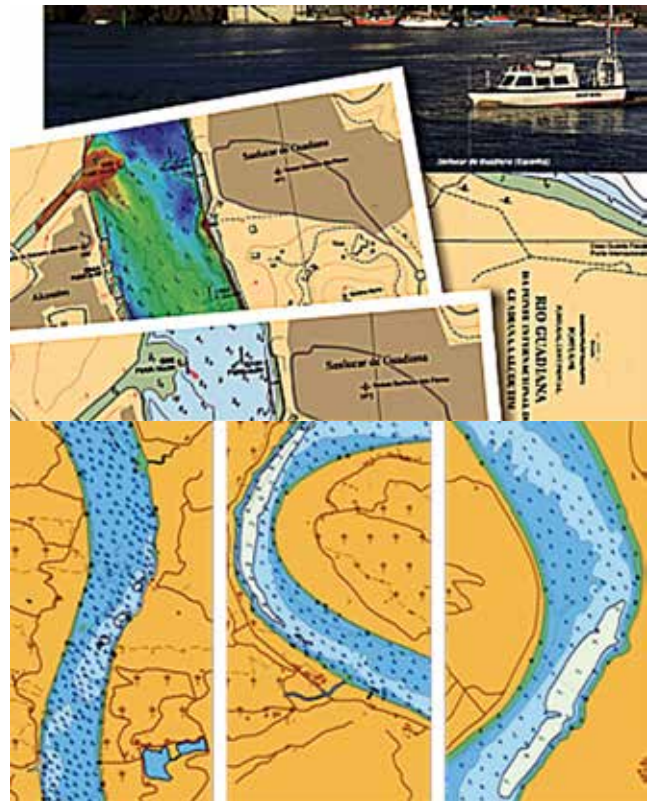


Figure 10. Extracts from Nautical Cartography (paper and electronic charts)

AQUIMAR – Caracterização geral das áreas aquícolas para estabelecimento de culturas marinhas funded by MAR 2020 program (Project MAR2020 nº MAR-02.01.01-FEAMP-0107 -<https://aquimar.hidrografico.pt/>).

This project has been designed to study areas designated for aquaculture in order to define their potential for different kinds of fish farms establishments. Data has been collected using profiles with CTD-Rosette system. This results in profile sampling grids. With this collections of 3D points the Portuguese Hydrographic Institute developed a methodology to compute a 3D continuous model, based on Empirical Bayesian Kriging 3D (see Figure 13). Models will be available by Web Services (OGC WMS and JSON) to be consumed by external users. This is an example of the benefits from using of the analytical tools.

From the close cooperation between the Portuguese Hydrographic Institute and the NOVA IMS – Information Management School, a national reference school in information management and analytics, results the project MarIA (<https://mar-ia.pt>) - Plataforma Colaborativa de Modelos de Inteligência Artificial para o Mar (funded by SAMA 2020 - POCI-05-5762-FSE-000400). This project is an innovation centric project, designed to explore new innovative approaches to build data/information products and services for blue economy sectors (from analytical models to augmented reality mobile apps, as

show in Figure 14, one of the project expected outcome). Amongst the MarIA project expected outcomes is a set of analytical algorithms to solve real world problems.

The Portuguese Hydrographic Institute is organizing digital routing information to build an augmented reality mobile application for mariners. Also an hackathon is being organized in the context of the project to bring together researchers and promote innovation by inviting data scientists to solve marine related problems affecting the society.

These are examples on how to use the national potential of data centric innovation at the service of the blue economic growth. MarIA will also reduce the innovation gap between the scientific community and the common users.

As last example, the High Performance Computing (HPC), namely the European Network offers resources to make possible to run high-resolution numeric models. This kind of infrastructure makes possible to improve earth and ocean modelling, simulate scenarios and apply Artificial Intelligence to very huge datasets. This improves the quality and resolution of models outputs and opens the pathway for the truly Digital Twin of the Ocean.

### 3.5 From digital ocean to digital twin of the ocean

Digital Twin of the Ocean (DTO) was on central stage at International Hydrographic Office 2022 Council and was described as a strategic path by the European



Figure 11. Data and analytical tools examples in Marine GIS domain



Figure 12. AQUIMAR Project data collection with CTD sampler

Commission. In the last years, we are experiencing a transformation from the concept of Digital Models of world features to true Digital Twins. This has been possible because digital transformation brings us new technological developments and new capabilities to process huge amounts of data, over large extensions, at high resolutions, like the High Performance Computing.

Digital Twins are an old concept with a new life in the ocean domain. The technological evolution gives us new capabilities to manage and process big data, to compute numeric models, to simulate multiple what-if scenarios, to develop decision support models and to predict future states based on artificial intelligence. Those information technologies resources and algorithms are tools to better observe, model and predict the ocean systems and environment dynamics. Now it is possible to get new insights about the impacts at multi scales and fill some of the ocean knowledge gaps.

What is a Digital Twin of the Ocean? The DTO is a system of systems designed to integrate a wide range of data sources in order to transform data into knowledge (see Figure 15). This complex system relies in the Marine Spatial Data Infrastructures to feed complex modelling techniques. The quality of the digital twin depends on the highly accurate real data and the accuracy of modelling solutions from mathematical, physical, statistics models.

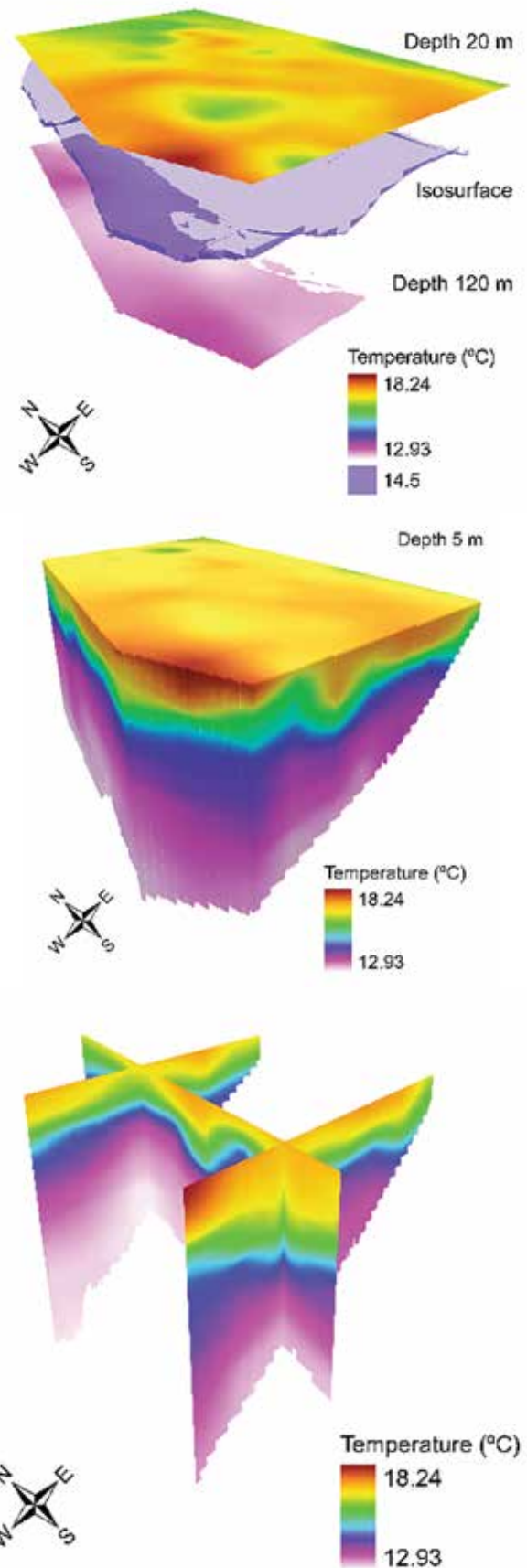


Figure 13. 3D ocean variables models from Empirical Bayesian Kriging 3D

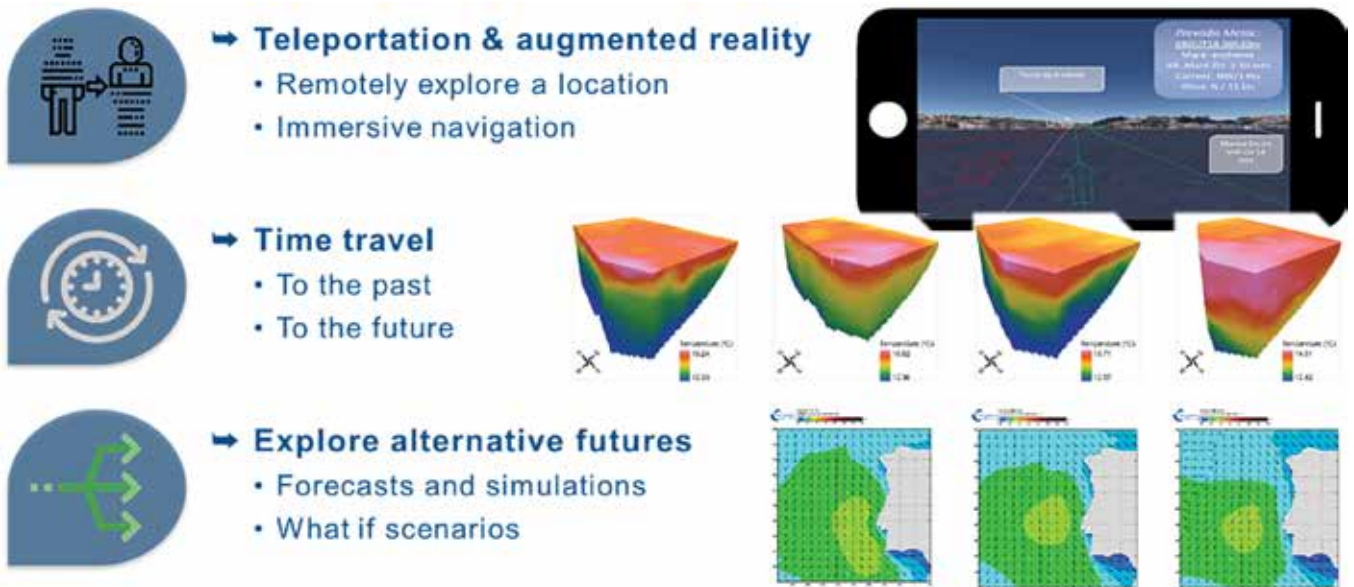


Figure 14. MarIA project analytical tools vision

The DTO needs to be as similar as possible to its real twin. This replica of the ocean is fed by continuous observations from sensors deployed over the world's oceans and from satellites flying over the Earth. DTO has also advanced visualization tools and interactive decision support models to help users and policy makers to assess the impact of man-made induced changes or resources consumption.

For hydrographic professionals and for the Hydrographic Offices around the world the Digital Twin of the Ocean offers an opportunity to improve the services available. This is especially important for the S-100 Universal Hydrographic Data Model implementation. For example, using the S-111 standard to gather surface current data for the development of dynamic hydrographic products could help eliminate the barrier posed by the use of different formats. This is the opinion expressed by Pierre Bahurel, director general of Mercator Ocean International at IHO Council (IHO, 2022) S-100 model is designed to transfer static and dynamic data. The S-111 is only one example of all kinds of data supported by S-100 who can benefit from DTO models.

IH has started to develop initial actions regarding DTO establishment, in order to improve its digital data services portfolio.

## 4 CONCLUSIONS

The world-wide community recognizes that data is a key ingredient to improve knowledge about the surrounding world. We are living the geospatial digital transformation with new data analytics algorithms and data management systems. Yet, the data management

complexity does not stop to increase. The amount of data is increasing exponentially day by day, the management and processing of big data is still a challenge, even for the most modern high-capacity systems. Keep data management on trail requires regular investment in personnel skills and equipment. No matter how much data access seems easy, data collection, information and knowledge production keep their costs and long term sustainability of data infrastructures is still a real issue to deal with.

The "open data" principle is becoming the new reality in geospatial data world. The open movement is recognized worldwide as a key engine for achieving the post-2015 UN Sustainable Development Goals. In strait connection with the open movement we assist the growing importance of data FAIRness. This two core concepts are the main drivers for the Open Data Directive and INSPIRE Directive implementation.

Marine Spatial Data Infrastructures (MSDI), the branch of Spatial Data Infrastructures design to deal with marine data, has a significant economic and societal potential for coastal nations and the world in general. The Ocean is a worldwide ecosystem and the human actions in one side of the world could generate an impact on the other side. The river flow pollution and plastic debris released through rivers basins are accumulating in international waters – territory belonging to all human kind. The MSDI future is driven by the evolution of the International Hydrographic Organization's (IHO) S-100 data model for facilitating marine domain interoperability and the World Wide Web Consortium's (W3C) best practices for spatial data publishing on the Web.

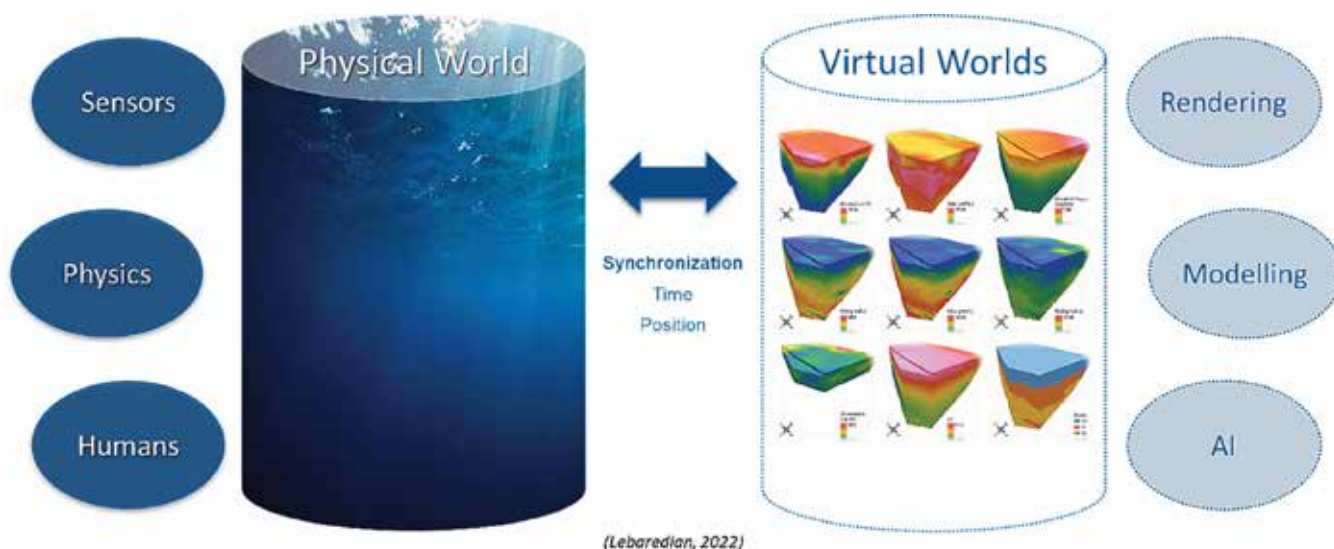


Figure 15. DTO concept in practice (adapted from Peckham (2022))

Hydrography and Hydrographic Offices have a vital role in MSDI in providing core “reference” data (such as bathymetry, maritime boundaries, coastline and geographic areas and names). A well designed MSDI deals with much more data than the hydrography. For example, the Portuguese Hydrographic Institute develops several projects in multiple scientific domains. All this valuable information needs to be properly managed and should be available in the right formats for the right users. Long goes the time when Hydrographic Data users were only mariners and nautical chart producers. Today, marine and hydrographic data are more than purpose-built products and services. Data and information have wider purposes, as they can be re-used, which represents a shift in the common thinking, inducing a data-centric model.

New analytical tools combined with information and technology tools like HPC open new fields of work in data management, information modelling, digital twins of the ocean, etc.

Portuguese Hydrographic Office (IH) has been developing a transversal program IDAMAR – Infraestrutura de Dados do Ambiente Marinho with the purpose to address the new reality and the 21st Century user’s data demands. The program SEAMAP 2030, a national project aligned with the SEABED 2030 international program, is one example of the IH effort to unleash data in an open format. Making available for download the Inland Electronic Nautical Charts for Douro and Guadiana waterways are other examples on how IH is working to improve safety of navigation by unleashing free and open data.

However, as explained in this article, at this

moment it is impossible to share all data with an open licence. IH depends on data products and services revenue to balance its budget and to keep its finances wealthy and sustainable. Data and information always have a cost to obtain. Highly advanced analytical tools are promising, but, none of them works without the human factor and they require highly skilled human resources. For sure, nothing is given for free, neither the web services with hiding business models and appearing to be free.

## REFERENCES

- APA. (2015). Caracterização e Diagnóstico da Região Hidrográfica do Guadiana. Plano de Gestão de Região Hidrográfica. Retrieved November of 2022, from [https://apambiente.pt/sites/default/files/\\_Agua/DRH/ParticipacaoPublica/PGRH/2016-2021/3\\_Fase/PGRH\\_2\\_RH7\\_Parte2.pdf](https://apambiente.pt/sites/default/files/_Agua/DRH/ParticipacaoPublica/PGRH/2016-2021/3_Fase/PGRH_2_RH7_Parte2.pdf)
- Barbier, E. B. (2017). Marine ecosystem services. *Current Biology*, 27, R507-R510.
- CIESIN. (2012). National Aggregates of Geospatial Data Collection: Population, Landscape, And Climate Estimates, Version 3 (PLACE III). Retrieved September 12, 2022, from <https://bit.ly/3vIOH3H>
- Contarinis, S., Pallikaris, A., & Nakos, B. (2020). The Value of Marine Spatial Open Data Infrastructures—Potentials of IHO S-100 Standard to Become the Universal Marine Data Model. *Journal of Marine Science and Engineering*. doi:<https://doi.org/10.3390/jmse8080564>
- Dias, T. (2021). PROGRAM SEAMAP 2030 – 100% of the Portuguese maritime spaces mapped by 2030. *The International Hydrographic Review*. Retrieved November



- of 2022, from <https://ihr.iho.int/articles/program-seamap-2030-100-of-the-portuguese-maritime-spaces-map-of-the-portuguese-maritime-spaces-mapped-by-2030/>
- European Commission. (2018). Turning FAIR into reality - Final Report and Action Plan from the European Commission Expert Group on FAIR Data. Directorate General for Research and Innovation, Directorate B - Open Innovation and Open science, Brussels. Retrieved from [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/turning\\_fair\\_into\\_reality\\_0.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/turning_fair_into_reality_0.pdf)
- European Commission. (2020). Analytical Report 15 - High-value datasets: understanding the perspective of data providers. Directorate General for Communications Networks, Content and Technology, Unit G.1 Data Policy and Innovation. Retrieved November of 2022, from [https://data.europa.eu/sites/default/files/analytical\\_report\\_15\\_high\\_value\\_datasets.pdf](https://data.europa.eu/sites/default/files/analytical_report_15_high_value_datasets.pdf)
- European Commission. (2020). High-value datasets. Retrieved November of 2022, from <https://data.europa.eu/en/publications/dastories/high-value-datasets>
- European Commission. (2020). Summary report of the public consultation on the European strategy for data. Brussels. Retrieved November of 2022, from <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/summary-report-public-consultation-european-strategy-data>
- European Parliament. (2019). Directive (EU) 2019/1024 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2019 on open data and the re-use of public sector information. Official Journal of the European Union. Retrieved November of 2022, from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019L1024>
- Government of Ireland. (2020). The new Open Data Directive? What will it mean for public bodies? Retrieved November of 2022, from IRELAND'S OPEN DATA PORTAL: <https://data.gov.ie/blog/the-new-open-data-directive-what-will-it-mean-for-public-bodies>
- IH. (2021). Hidrográfico+ - Nova Infraestrutura de Dados e Informação Geoespacial. Revista da Armada, 27-29.
- IH. (2022). Política de Dados e Informação Técnico-Científica do Instituto Hidrográfico. Instituto Hidrográfico.
- IHO. (2000). IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data - Edition 3.1. International Hydrographic Organization. Retrieved November of 2022, from <https://iho.int/uploads/user/pubs/standards/s-57/31Main.pdf>
- IHO. (2014). Specifications for Chart content and display aspects of ECDIS - Edition 6.1.(1). International Hydrographic Organization. Retrieved November of 2022, from <https://iho.int/uploads/user/pubs/standards/s-52/S-52%20Edition%206.1.1%20-%20June%202015.pdf>
- IHO. (2017). Spatial Data Infrastructures "The Marine Dimension" - Guidance for Hydrographic Offices. Publication C-17. International Hydrographic Organization. Retrieved November of 2022, from [https://iho.int/iho\\_pubs/CB/C-17\\_Ed2.0.0\\_EN.pdf](https://iho.int/iho_pubs/CB/C-17_Ed2.0.0_EN.pdf)
- IHO. (2019). IHO Input to the Report of the UN Secretary General on Oceans and Law of the Sea. Retrieved November of 2022, from [https://www.un.org/Depts/los/general\\_assembly/contributions\\_2019/IHOEN.pdf](https://www.un.org/Depts/los/general_assembly/contributions_2019/IHOEN.pdf)
- IHO. (2022). IHO Eastern Atlantic Hydrographic Commission - National Report.
- IHO. (2022). Transition to digital data services and other priorities discussed at IHO Council. Retrieved November of 2022, from International Hydrographic Organization: <https://iho.int/en/transition-to-digital-data-services-and-other-priorities-discussed-at-iho-council>
- Lowe, T. (2019, July 4). IHO - Hydrographic Commission on Antarctica. Seminar on the status and the impact of hydrography in Antarctic waters. Item 2.3 - Hydrographic information drives marine knowledge. Czech Republic. Retrieved from [https://iho.int/uploads/user/Inter-Regional%20Coordination/HCA/HCA16/HCA\\_ATCM\\_XLII\\_Item2.3\\_v1.1.pdf](https://iho.int/uploads/user/Inter-Regional%20Coordination/HCA/HCA16/HCA_ATCM_XLII_Item2.3_v1.1.pdf)
- Natural Resources Canada. (2018). Marine Spatial Data Infrastructure (MSDI) & The Marine Cadastre Application. Retrieved November of 2022, from [https://na.eventscloud.com/file\\_uploads/7752d75b94f61c4b76ec33bb2e25a2cb\\_7JoseMBalaMSDIL0MCAApplication\\_March27LJ2018.pdf](https://na.eventscloud.com/file_uploads/7752d75b94f61c4b76ec33bb2e25a2cb_7JoseMBalaMSDIL0MCAApplication_March27LJ2018.pdf)
- Neumann, B., Vafeidis, A. T., Zimmermann, J., & Nicholls, R. J. (2015). Future Coastal Population Growth and Exposure to Sea-Level Rise and Coastal Flooding - A Global Assessment. *PLoS One*, 10(3), e0118571.
- Nunes, Paulo; Saraiva, Sérgio; Almeida, Sara; Veiga, Leonor, et al. (2022). HIDROGRÁFICO +: A INFRAESTRUTURA DE DADOS E INFORMAÇÃO GEOESPACIAL MARINHA DO INSTITUTO HIDROGRÁFICO. 10as Jornadas de Engenharia Costeira e Portuária. PIANC.
- Peckham, O. (2022). ISC Keynote: Digital Twins Aren't About Making Pretty Pictures. Retrieved from <https://www.hpcwire.com/2022/06/01/isc-keynote-digital-twins-arent-about-making-pretty-pictures/>
- Petrov, O., Gurin, J., & Manley, L. (2016). Open Data for Sustainable Development. (W. Bank, Ed.) *Connections*. Retrieved from <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/24017>
- Ponce, R. (2014). The New Role of Hydrography in the 21st Century. Hydro International. Retrieved November of 2022, from <https://www.hydro-international.com/content/article/the-new-role-of-hydrography-in-the-21st-century>
- SciencesPo. (n.d.). Open Science at Sciences Po. Retrieved from SciencesPo: <https://www.sciencespo.fr/recherche/en/content/open-science-sciences-po.html>
- Soares, C. V. (2020). O Conhecimento Científico do Oceano. Instituto Hidrográfico, Conhecer o Mar para que todos

o possam usar (Vol. Cadernos Navais n.º 57). Centro de Estudos Estratégicos da Marinha. Retrieved from [https://www.marinha.pt/pt/a-marinha/estudos-e-reflexoes/cadernos-navais/Documents/cadernonaval\\_57.pdf](https://www.marinha.pt/pt/a-marinha/estudos-e-reflexoes/cadernos-navais/Documents/cadernonaval_57.pdf)

UN-GGIM. (n.d.). United Nations Integrated Geospatial Information Framework (UN-IGIF). Retrieved from UN-GGIM: <https://ggim.un.org/IGIF/overview/>

Wilkinson, Mark D.; Dumontier, Michel; Aalbersberg, Jan

IJsbrand; et. al. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, 3(160018). doi:<https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>

Young, A., & Verhulst, S. (2016). *The Global Impact of Data: Key Findings from Detailed Case Studies Around the World*. O'Reilly Media, Inc. Retrieved November of 2022, from <https://www.oreilly.com/library/view/the-global-impact/9781492042785/>

## Sobre los autores

### Paulo Nunes

*Is a navy officer since 2004. Works in Geospatial Data and Information Management, Marine Spatial Data Infrastructures development and management since 2016. Is certified with a Cat. A Hydrographer and a MEng in Geographic Engineering from the Faculty of Science of University of Lisbon*

### João Vicente

*Is a Navy officer since 1995. He is the Technical-director of the Portuguese Hydrographic Institute. He has a degree in Hydrography (FIG/IHO/ICA Cat. A) and a MSc in Geographic Information Systems by Lisbon University.*

### Ana Leonor Veiga

*Diploma in Geographic Engineering by the Faculty of Sciences of University of Lisbon and member of the Engineering College. She works as assistant of the Head of the Hydrography Division since 1993. From 1993 to 2005 she worked in cartographic production. She is responsible of the Sector of Bathymetric Data Management since 2005.*

### Cristina Monteiro

*Diploma in Geographic Engineering by the Faculty of Sciences of University of Lisbon and has a Specialization in Hydrography Category A certified by IHO, FIG and ICA and she is a member of the Engineering College. From 2008 to 2021, she had been working as a researcher in Hydrographic Surveys, at Hidrográfico's Hydrographic Division. Currently, she works at the Sector of Bathymetric Data Management, and she has been dedicated to external data quality control and data analysis for nautical charts updating. Researcher and/or team coordinator in EU Framework Programme I&D Projects (Guad20).*

### Telmo Dias

*Is a Navy officer since 2006. He works at the Technical-Scientific Data Management Centre of the Portuguese*

*Hydrographic Institute. He has a degree in Hydrography (FIG/IHO/ICA Cat. A) and a MSc in Geographic Information Systems and Science by NOVA Information Management School.*

### Carla Palma

*Is the Head of the Chemistry and Pollution of the Marine Environment department at Instituto Hidrográfico, she is a chemical engineer specialized in marine geochemistry. She has a Master degree in Technological Organic Chemistry and a PhD in Chemistry from University of Aveiro in 2014, related with the study of metals in seawater and sediments of the Azores Platform. Since 1996 she has been working at IH, developing studies and works on the chemical properties of seawater and marine pollution, particularly in the field of trace metals in the marine environment. She has a large experience with laboratory methodologies in the field of marine pollution characterization, planning and implementation of monitoring programs in coastal and estuarine areas and processing data of pollutants. She is also lecturer of Marine Chemistry at the School of Hydrography and Oceanography at IH.*

### Miguel de Castro Neto

*Is Dean of NOVA Information Management School (NOVA IMS) at Universidade Nova de Lisboa, where he created NOVA Cidade – Urban Analytics Lab, dedicated to smart cities and urban analytics. He was Secretary of State for Spatial Planning and Nature Conservation in the 19th and 20th Governments and Smart Cities Personality of the Year 2017 (Green Business Week / AIP Foundation). Founder of the Data Science Portuguese Association and member of the Platform for Sustainable Growth. He develops his research and teaching work in the area of Business Intelligence and Smart Cities, with emphasis on the creation of the Master in Knowledge Management and Business Intelligence at NOVA IMS, currently classified as the "World Best Master Program in Business Intelligence" by the Eduniversal international ranking, where he teaches the Business Intelligence course units.*

**Códigos electrónicos**

# **Código Geoespacial**

Selección y ordenación:  
Efrén Díaz Díaz  
Abogado, Doctor en Derecho.

Edición actualizada a 4 de mayo de 2022



# Oeste smart region. An intermunicipal integrated analytical territorial intelligence platform

REVISTA **MAPPING**

Vol.32, 211, 50-61

2023

ISSN: 1131-9100

## *Oeste smart region. Una plataforma intermunicipal integrada de inteligencia analítica territorial*

Paulo Simões, Miguel de Castro Neto, Pedro Sarmiento, André Barriguinha

### Abstract

*Smart regions are described as an instrument to achieve sustainable planning at the regional level, promoting knowledge-based development through continuous learning as an integral part of the development of regional resources that solves challenges through the knowledgeable application of new technologies, the organization of processes and reasonable and future-proof decision-making. With this work we intend to present a territorial intelligence platform, in particular the spatial data infrastructure that supports it. Based on the potential of multiple sources and formats of data available (Big Data), from the systems of twelve Portuguese municipalities. Along with the Internet of Things and collective intelligence the developed model, sets out as an ambition to take advantage of the potential of data science and artificial intelligence, to promote a regional model of governance based on the management of information capable of leveraging the creation of a territorial intelligence center constituting a new paradigm of territorial planning and management based on facts.*

### Resumen

Las regiones inteligentes se describen como un instrumento para lograr una planificación sostenible a nivel regional, promoviendo el desarrollo basado en el conocimiento a través del aprendizaje continuo como parte integral del desarrollo de los recursos regionales que resuelve los desafíos a través de la aplicación con conocimiento de las nuevas tecnologías, la organización de procesos y toma de decisiones razonables y preparadas para el futuro. Con este trabajo pretendemos presentar una plataforma de inteligencia territorial, en particular la infraestructura de datos espaciales que la soporta. Basado en el potencial de múltiples fuentes y formatos de datos disponibles (Big Data), de los sistemas de doce municipios portugueses. Junto con el Internet de las Cosas y la inteligencia colectiva, el modelo desarrollado se plantea como una ambición de aprovechar el potencial de la ciencia de datos y la inteligencia artificial, para impulsar un modelo regional de gobernanza basado en la gestión de la información capaz de impulsar la creación de un centro de inteligencia territorial que constituye un nuevo paradigma de planificación y gestión territorial basada en hechos.

**Keywords:** Smart regions, Territorial analytics, Data-driven public policies, Spatial Data Infrastructures, Platform

**Palabras clave:** Regiones inteligentes, Análisis territorial, Políticas públicas basadas en datos, Infraestructuras de Datos Espaciales, Plataforma

Paulo Simões. Comunidade Intermunicipal do Oeste (CIM Oeste), Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas (ISCSP), Universidade de Lisboa

[paulo.simoese@oestecim.pt](mailto:paulo.simoese@oestecim.pt)

Miguel de Castro Neto. NOVA Information Management School (NOVA IMS), Universidade Nova de Lisboa, Campus de Campolide  
[mneto@novaims.unl.pt](mailto:mneto@novaims.unl.pt)

Pedro Sarmiento. NOVA Information Management School (NOVA IMS), Universidade Nova de Lisboa, Campus de Campolide  
[psarmiento@novaims.unl.pt](mailto:psarmiento@novaims.unl.pt)

André Barriguinha. NOVA Information Management School (NOVA IMS), Universidade Nova de Lisboa, Campus de Campolide  
[abarriguinha@novaims.unl.pt](mailto:abarriguinha@novaims.unl.pt)

DOI: <https://doi.org/10.59192/mapping.395>

Recepción 19/12/2022  
Aprobación 27/01/2023

## 1. INTRODUCTION

There is no agreed definition of what a region is (Vukovic & Kochetkov, 2017). Matern et al., (2020) argued that it is important to comprehensively understand what a region is, prior to a study of smart regions. The problem of defining a region is associated with its multifaceted nature (Vukovic & Kochetkov, 2017). An early definition by Hartshorne (1979) stated that it is "an area of specific location which is in some way distinct from other areas, and which extends as far as that distinction extends." Although it was referred to as "a cohesive area that is homogeneous in selected definitional criteria and is distinguished from neighbouring areas or regions by those criteria." by Encyclopedia Britannica. Mazza & Mavri, (2019) captured the essence of a region relevant to this study as "an association of regions or cities with different growth rates, with different spatial development and physical - technological infrastructure, and with different citizen needs."

The term smart regions, on the other hand, is synonymous with smart territory and smart area. Smart regions are described as a tool for achieving sustainable planning at the regional level, promoting knowledge-based development through continuous learning of human resources as an integral part of regional resource development (Sutriadi, 2018). Kodym & Unucka, (2018) viewed it simply as a region that employs modern technology to save time and money for the people living in it and Bauer et al. (2019) understood the concept as a region that solves tasks and challenges through the wise application of new technologies, the organization of processes, or making wise and future-proof decisions. The common thread in all definitions is that smart regions adopt various technologies to achieve a better quality of life and environment.

Moreover, knowledge of smart regions is largely shaped by smart city debates and current research on smart regions is heavily influenced by an economic perspective with an emphasis on growth, innovation, and policy strategies (Matern et al. 2020). Thus, agrees with Shearmur et al. (2017), who stressed that smart regions are "the result of dynamics in different economic sectors". Therefore, a working definition of a smart region adopted by this study is a territory comprising multiple smaller contiguous territories that together build smart systems to achieve a better quality of life for its residents, while striving for environmental and economic sustainability.

Although in recent years the notion of smart region is still ambiguous, the increase in the amount of literature on smart regions, strategies to promote digitalization

methods within the political and administrative boundaries of cities has been noticeable (Breuer, Walravens, & Ballon, 2014; Caragliu et al., 2011; Cocchia, 2014; Vanolo, 2013). We can thus also address the notion of smart city since it follows the same ideal, as it comprises different approaches on how to encourage urban efficiency, technological innovation, and quality of life, but lacking a clear definition of what a smart city actually entails. Almost all smart city strategies deal with information and communication technologies (ICT) and how they can help reorganize urban life more efficiently. In the context of urban planning, Giffinger et al. (2007, p. 10) characterize the smart city as a "certain ability of a city" to qualify as "smart." In their study of medium-sized European smart cities, they identify six constituent characteristics of such cities: a smart economy, smart people, smart governance, smart mobility, a smart environment, and smart living. Since the notion of smart cities comprises different approaches on how to encourage urban efficiency, technological innovation, and quality of life, lacking a clear definition of what a smart city actually entails.

From a more critical perspective, by Greenfield (2013), Kitchin (2014), Sassen (2012), Sennett (2012), Shearmur et al. (2017), Söderström, Paasche and Klausner (2014), Söderström (2014), Vanolo (2013) and Viitanen and Kingston (2014) among others, who call for greater reflection on the production and use of big data and argue for a less positivist and more technocratic discourse. When questioning the role of multinational corporations in providing technological infrastructure for urban governance, attention is focused on the problem of monopolization and centralization of information and services. Debating technological determinism helps highlight power disparities and the societal as well as ecological consequences of ICT systems (Hodson & Marvin, 2017).

Soon, the concept of smart and sustainable cities claims to be an integrated response to rapid urbanization and the integration of ICT into city planning processes (Bibri & Krogstie, 2017; Höjer & Wangel, 2015). It is then an innovative city that uses ICT and other means to improve quality of life, efficiency of urban operation and services, and competitiveness, while being attentive to the needs of present and future generations with regard to economic, social, environmental, and cultural aspects (ITU, 2015). In this way, it increases the involvement of citizens and their quality of life as the main aspect of smart and sustainable strategies and integrates a variety of stakeholders. However, its opinion is more normative than analytical and focuses only on cities rather than thinking of urban and rural areas as being interconnected - even more so in the backdrop of digitalization.

Thus, there is a need for smart regions to not only refer to the territorial level and not be limited to rural regions. The authors argue for an understanding of smart regions that include urban and rural territories whose characteristics are increasingly complementary (Mölders, Othengrafen, Stock, & Zibell, 2016, p. 55). Increasingly, aspects of the 'urban fabric' are manifesting themselves in rural areas, finding expression in infrastructure that improves the accessibility (highways, bypass roads, etc.) and connectivity (ICT) of rural areas, profoundly transforming social interactions. Super-regional cooperation serves to avoid boundaries between urban and rural, for this is to prevent peripheral rural spaces from becoming disadvantaged and to ensure equal living conditions (Beirat für Raumentwicklung, 2017, p. 2).

However, most planning processes still treat urban and rural areas as separate. This dichotomy contradicts an integrated approach to regional development, "resulting in a lack of awareness of urban-rural relations and non-cooperation between urban and rural actors" (Calabrò & Cassalia, 2018, p. 574). Smart regions are shaped by informal processes of cooperation and governance that establish a "system of integrated action" (Garcia-Ayllon & Miralles, 2015, p. 4). The combination of different planning instruments and modes of governance (e.g., restricting settlement activities, protecting open spaces etc.), and debates about how a smart region should develop and how this could be achieved, and come to play an important role as well (Mölders et al., 2016, p. 56).

Given that more and more city dwellers are buying goods dedicated to country life, subscribing to vegetable delivery services, and engaging in urban gardening, Nikolaidou et al. (2016) speak of a growing rurality in urban regions. In contrast, Lefebvre (2003, p. 14) emphasizes the urban influence on the rural. Increasingly, aspects of the "urban fabric" are manifesting themselves in rural areas, finding expression in infrastructure that improves accessibility (highways, bypass roads, etc.) and connectivity (ICT) of rural areas, profoundly transforming social interactions.

Therefore, smart regions can be illustrated with the example of Helsinki Smart Region (<https://helsinkismart.fi/>), as it explicitly uses the term "smart region" to describe the concept of development in the Helsinki-Uusimaa region. This smart region has been created through application processes where the implemented dimension is represented by pilot projects such as driverless electric buses, on-demand public transport models, projects that make socially excluded groups digitally active citizens or co-working spaces that are implemented in the Helsinki metropolitan area. All

these activities are part of a smart region strategy approved in 2014 by the Helsinki-Uusimaa Regional Council, which is responsible for regional planning and promoting regional interests and illustrate the analytical level of implementation within the smart region definition. This Helsinki Smart Region strategy is then directly linked to the Europe 2020 strategy and financial policies and instruments, as well as national and regional policies and funding.

### 1.1. Oeste Smart Region

Following the presented vision of what is a smart region, in this work we present the Oeste Smart Region as a regional integrated analytical intelligence platform for the Intermunicipal Community of Oeste (CIM OESTE) (see Figure 1).

The ambition is to make available to CIM Oeste, the first Portuguese integrated analytical platform of territorial intelligence that will offer capacity for collecting, storing, processing, and analysing data from municipalities (bottom-up) and external sources (top-down), changing the paradigm in municipalities planning and management.

The Oeste Smart Region project is a collaborative pilot project for the co-creation of an innovative solution to be implemented at a regional level taking further the concepts, methodologies, and solutions of Smart Cities, namely by adopting an open data policy and by promoting the dual digital and green transition which implies a structural change and the creation of the region as a platform concept for the integrated and real-time planning and management of inherent public competences.

The regional platform involved 12 municipalities (see Figure 1) in a collaborative pilot project for the co-creation of an innovative solution that changed the paradigm of planning and management decision making at regional level. The platform is being implemented having as its foundation a regional spatial data infrastructure that dynamically connects the twelve municipalities local spatial data infrastructures in a bottom-up data integration approach augmented by a top-down external data collection.

The new information products and services that Oeste Smart Region will make available, bring significant benefits to the design, execution, and monitoring of public policies, both at planning and operational level, allowing increased efficiency of resources usage altogether with a much higher degree of certainty in the achieved results.

This digital transformation with a focus on information is today a lever for changing the

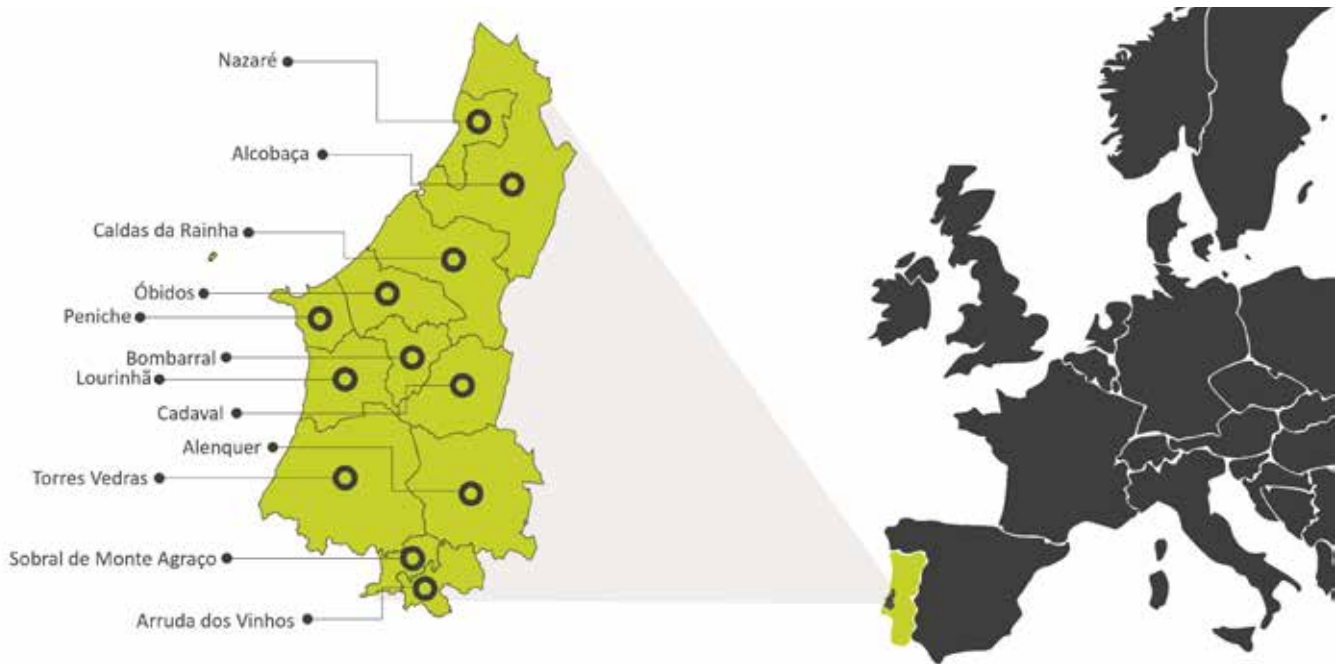


Figure 1. CIM Oeste municipalities

management model of cities and regions, in the conviction that what is best known is managed better, being a transversal matter to all strategic domains of territorial governance, from the economy to social inclusion, from the environment to urban regeneration, from risk management and prevention to urban-rural integration. This transformation process stems, to a large extent, from four major changes that are coming together and suddenly providing the ability of regions to become smarter than before – people, data, infrastructure, and technology – which can interact in more fluid and efficient ways than ever before.

Oeste Smart Region is a connected, decision-making space using information technologies to optimize services and infrastructure, reduce costs, increase security, attract investment, be sustainable and improve the quality of life of those who live, work or visit it.

With this platform the Oeste region has the ambition of:

- Dramatically increase the pace at which its sustainability and resilience grow
- Improving the way on: (i) how it involves society, (ii) how it uses collaborative leadership methods, (iii) how it works across disciplinary areas and systems, and (iv) how it uses data and integrated technologies
- Transforming services and improve the quality of life

With this project Oeste region will become an intelligent region which can promote not only information, but also a true sharing economy, which guarantees useful data and services to people, companies, and municipalities, for decision-making in real time.

## 2. MATERIALS AND METHODS

The Smart Region platform was based on the concept of the city as a platform, with their rational extended for a region, in this case for the 12 municipalities that integrate Oeste Region.

The concept of the regional platform is divided into 3 layers: 1) Data governance; 2) Analytics; and 3) Target (see Figure 2). In the first layer (Data governance), data is collected from sensors (e.g., air quality, weather, traffic counting); by people (e.g., social media, web applications); and from different systems (e.g., transactional systems from companies or cities) and stored in a data lake. In the analytics layer this data can be processed and modelled through descriptive, predictive, and prescriptive analytics and also made available in an open data portal searchable by a data catalogue. All developments made in the analytics layer have specific targets and objectives, namely: 1) for Government to plan and manage the region; 2) for Academia that through the data available can produce research, increasing the knowledge about the region; 3) for Companies that can take advantage of the platform to create new products and services, increasing economic development of the region; and 4) for Citizens providing information and services that can be used by people who lives, works and visit the region.

The Smart Region platform incorporates mainly data coming from the 12 municipalities (bottom-up data) and from external sources (top-down data). Considering municipalities data (the bottom-up data) was referring to: 1) environments; 2) cartography; 3) equipment's;

4) local development; 5) heritage; 6) infrastructures; 7) mobility; 8) territorial management instruments; and 9) Wi-fi. Regarding the external data (the top-down data), their origin came from several entities that provided data on: 1) ATM transactions; 2) companies data (sales, employment); 3) public transportation ticketing; 4) traffic jams and alerts; 5) waste management; 6) carbon neutrality; 7) KPIs of funding projects; 8) gender equality indicators; and 9) education statistics.

For the integration of the bottom-up and top-down data two different approaches have been carried out. In the case of the bottom-up data the rationale for the integration was the direct connection to the data sources (i.e., the information system of each municipality). The ambition in this platform is that the integrated data was not duplicated, but instead the data that is managed by each municipality. This aspect allowed the non-use of duplicated data as well guarantee that the data available in the platform is more accurate and updated as possible, reflecting any changes that are made in the source by the municipality technicians.

Regarding the top-down data several strategies were carried out, depending on the way data from external providers was made available. Independently from the way that external data was made available, the rationale for their integration was having always in mind to try to have as much as possible automatic

procedures to maintain the data of the platform always updated. In Figure 3 is presented the Smart Region platform architecture.

### 2.1. Bottom-up data integration

To connect the Smart Region platform to the municipalities, a first assessment was made in each one, to verify how the data was stored and structured, taking into consideration the strong geographic component of the data produced and maintained. After the initial assessment three distinct situations were found: (1) municipalities with geographic information stored in system files; (2) municipalities with the geographic information stored in database but managed by an external entity; and (3) municipalities with the geographic information stored in a database managed by the municipality. Based on the assessment for (1) a database for each municipality was created that still worked with a file system in the management of its geographic information for (2) an open database was created, to allow autonomy in geographic information management, for (3), the platform was linked directly to those databases through, web services.

### 2.2. Top-down data integration

The integration of the top-down data was made following different strategies, depending on how the

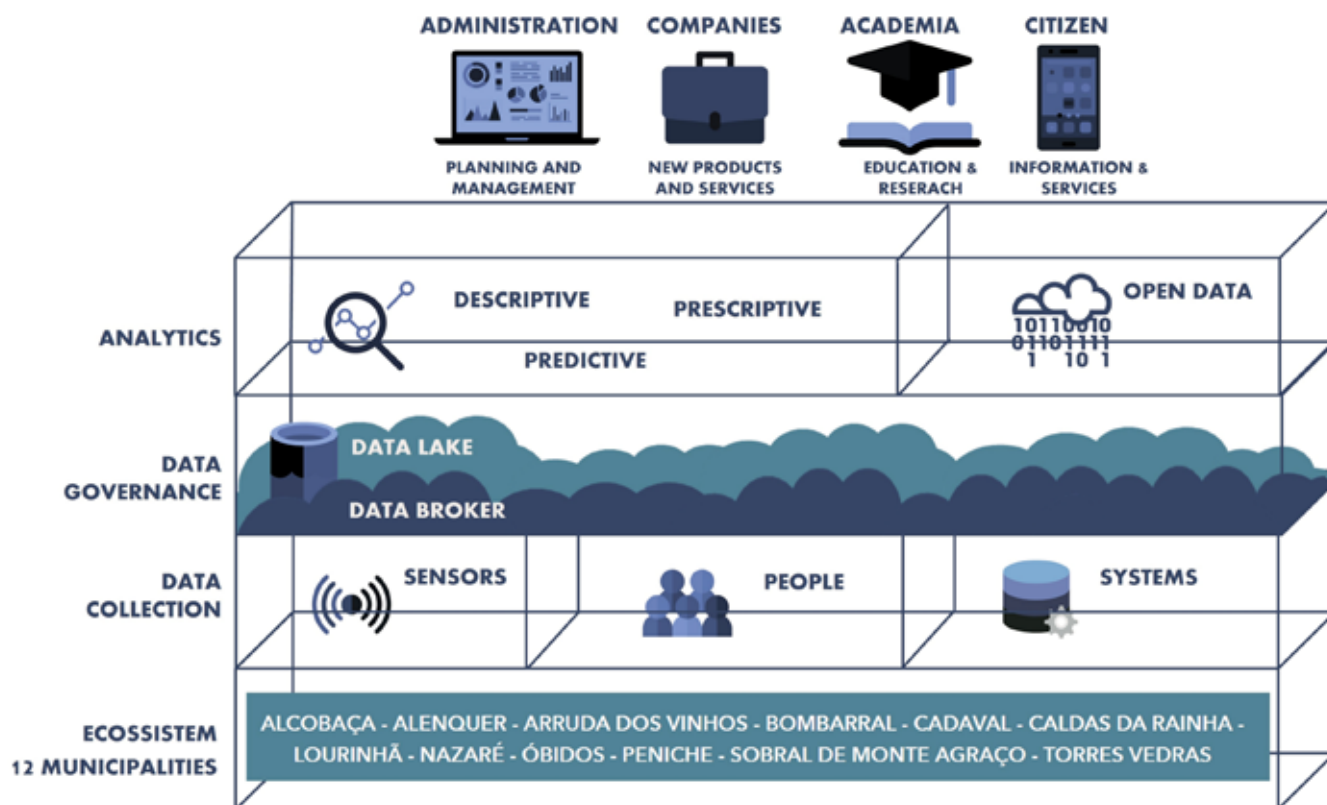


Figure 2. Region as a platform concept implemented in Smart Region analytical platform



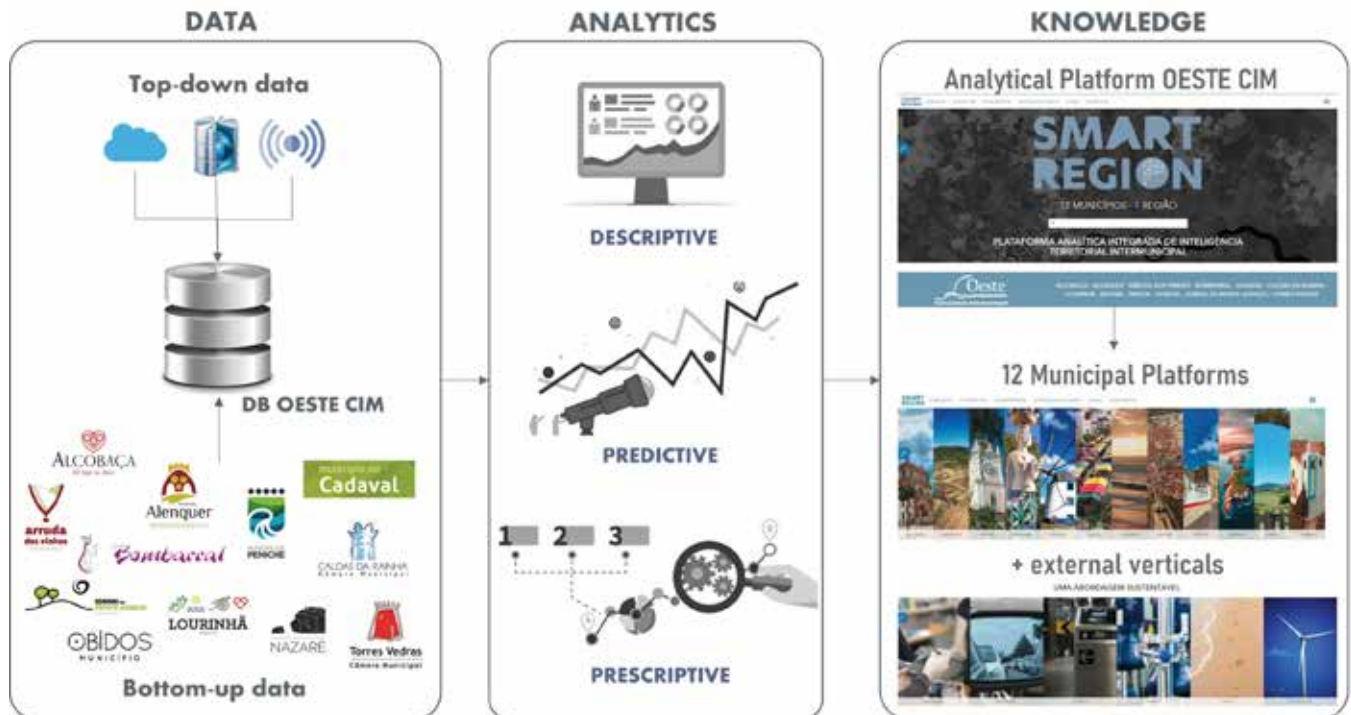


Figure 3. Smart Region analytical platform Architecture

data was made available by the different data providers. Indeed, as mentioned previously the ambition of the platform is to integrate external datasets in the most automatic way possible, to guarantee a minimum effort in the future update of the information. Below is described the methodology adopted for each vertical and their integration in the Smart Region platform.

**ATM transactions:** data was provided by SIBS Analytics about weekly and monthly ATM transactions in the 12 municipalities of Oeste region. Data is made available through the delivery of a file in a folder stored in a server, with the transactions of last week and last month. It was created an automatic procedure that runs every week to detect a new file and store the data in two tables of a database: one for the weekly transactions and another for the monthly transactions.

**Companies data:** this data was delivered in .xlsx format and stored in the Smart Region database: 1) information and location of companies; 2) business volume (import, export and number of employees); 3) location of establishments. The available data is relative to years 2016 to 2021.

**Bus ticketing:** data was provided by the company responsible to make the integration of bus operators data with the information system of CIM Oeste. Data provided considers: 1) ticket sales; 2) monthly ticket sales; and 3) validation of monthly tickets that are available in an external database. Data refers to years 2019 to current time.

**Traffic jams and alerts:** CIM Oeste celebrated a protocol with Waze for Cities program. This program provides for the assignment of traffic alerts data collected by Waze app users and traffic jams provided by the same application. This data is being collected and stored in the Smart Region database. Data refers to years 2019 to current time.

**Waste management:** waste management data is being provided by the company that is responsible for waste collection in CIM Oeste municipalities. The data provided refers to the monthly amount of mixed and recycled waste collected in each municipality from the years 2019 to 2021. This data is provided in .xlsx format.

Regarding carbon neutrality, KPIs of funding projects, gender equality indicators, and education statistics, this data is not yet ready for integration, but will be provided in spreadsheets, that will be integrated in Smart Region platform.

### 2.3. Visualization

Data is made available in the platform in several ways, namely through GIS web applications and embedded dashboards. Data from municipalities and the several verticals is available considering the 12 municipalities, and each municipality has its own portal with the representative data.

On each of the portals, a more static and dedicated dashboard with summarized information was also

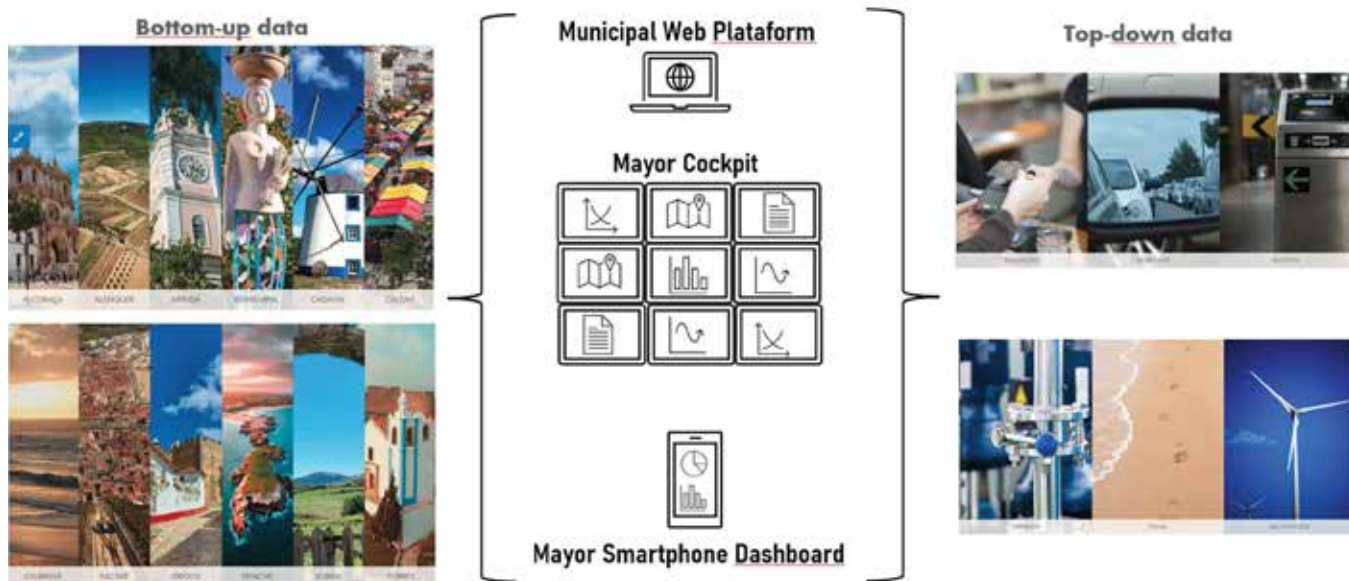


Figure 4. Bottom-up and top-down data visualization in Smart Region platform

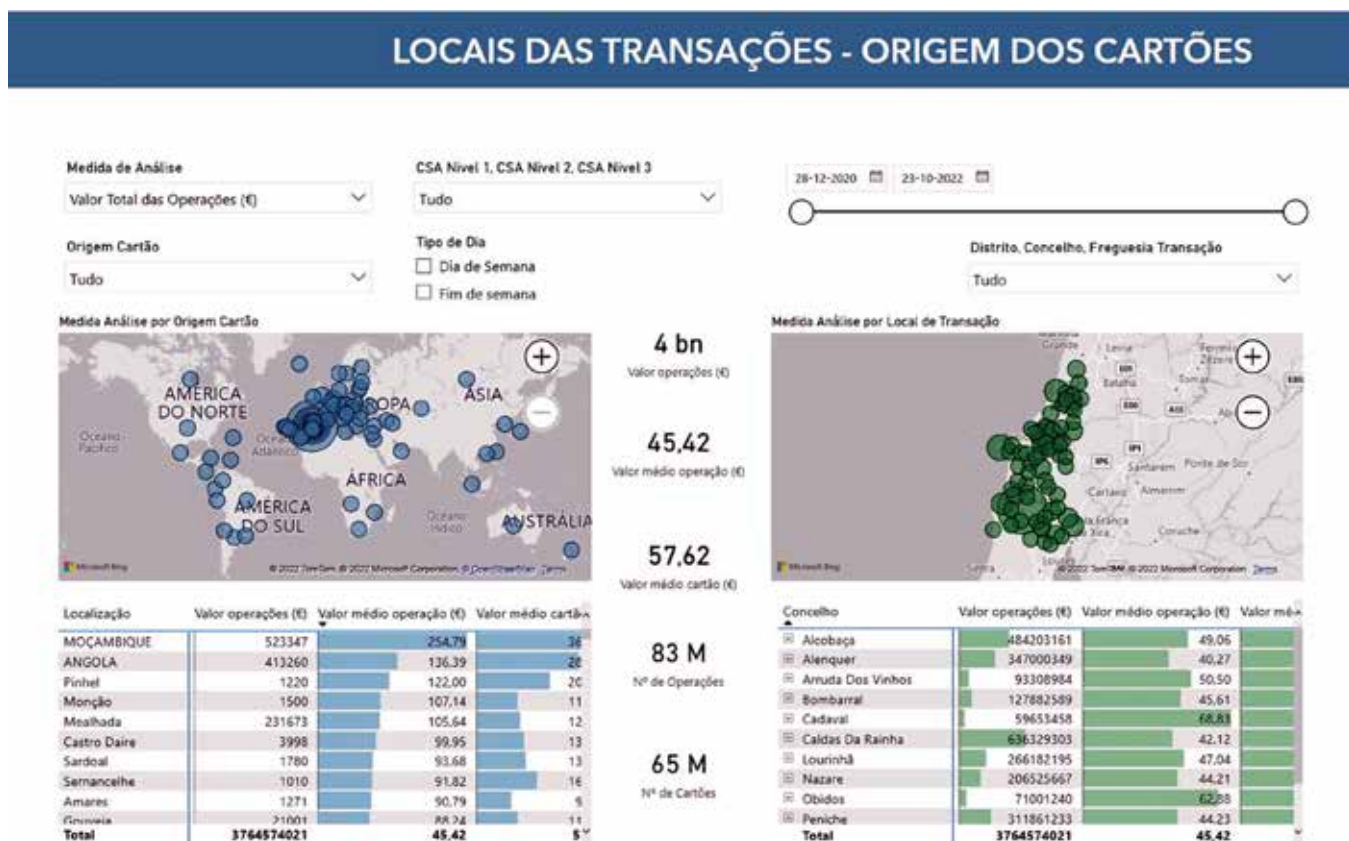


Figure 5. ATM transactions information at CIM Oeste level – Transactions location and debit/credit cards origin

implemented for the city's mayors – the Mayor Cockpit. The developed Mayors Cockpit provides information on ATM transactions, companies, bus ticketing, alerts and traffic jams and waste management. Although the goal is to have a tailormade dedicated information dashboards for the more relevant verticals of each municipality (see Figure 4).

### 3. RESULTS

Following the established ambition and adopting the above referred methodology it was possible to create a platform that can deliver its value at different territorial levels and for different stakeholders.

On one hand and taking advantage of a hybrid

## TECIDO EMPRESARIAL

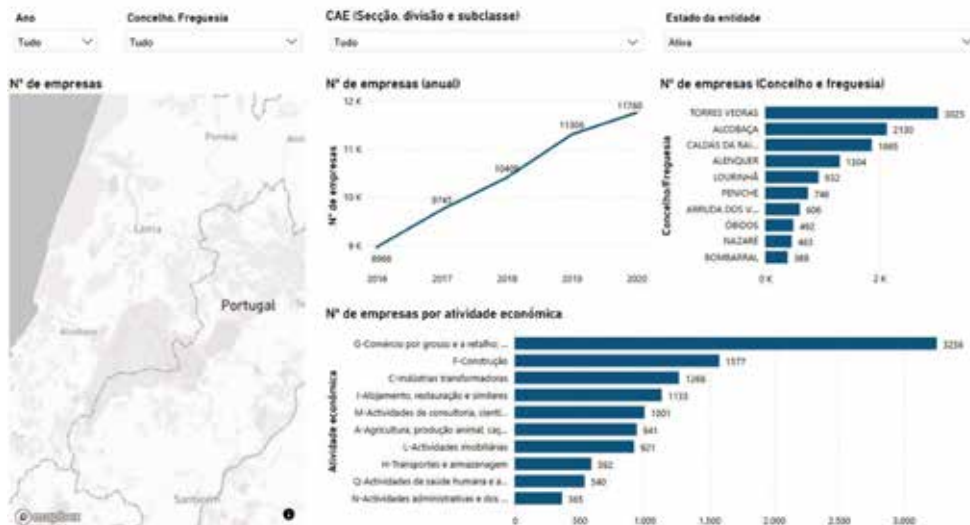


Figure 6. Companies data dashboard at CIM Oeste level that considers the location and number of companies. This information can be filtered by year and by code of economic activity

combination of geographical information science and business intelligence, the platform allows the delivery information portals at regional, municipal and parish level. On the other hand, it allows for the delivery of information for different users/purposes, such as policy makers (mayors), technical services and the citizen in general.



Figure 7. Web application embedded in Smart Region platform with real time data on road traffic alerts



Figure 8. Web application embedded in Smart Region platform regarding information on the Adaptation to Climate Change Intermunicipal Plan of Oeste Region

### 3.1. CIM Oeste information

At CIM Oeste level several dashboards were developed for each considered vertical. As an example, in Figure 5 is presented a report with information regarding ATM transactions information, namely transactions location and origin location of debit/credit cards that were used to make the transactions.

Figure 6 represents a dashboard embedded in the Smart Region platform with data about companies at CIM Oeste level.

In Figure 7 and Figure 8 are presented two web applications embedded in the Smart Region platform, considering respectively the real time feed of traffic alerts and the Adaptation to Climate Change Intermunicipal Plan of Oeste Region.

### 3.2. Municipalities information

Applications were also made for the municipalities of Oeste Region. In Figure 9 is presented a web application with the location of sports and educational facilities and pedestrian tracks for Alenquer municipality.

As the data provided was available at CIM Oeste level, the data from each vertical and represented for each municipality was based on the CIM Oeste data filtered by municipality. In Figure 10 is presented the monthly tickets validation dashboard, that was filtered based on the data



Figure 9. Web application with the location of sports and educational facilities along with pedestrian tracks in Alenquer municipality

# VALIDAÇÕES

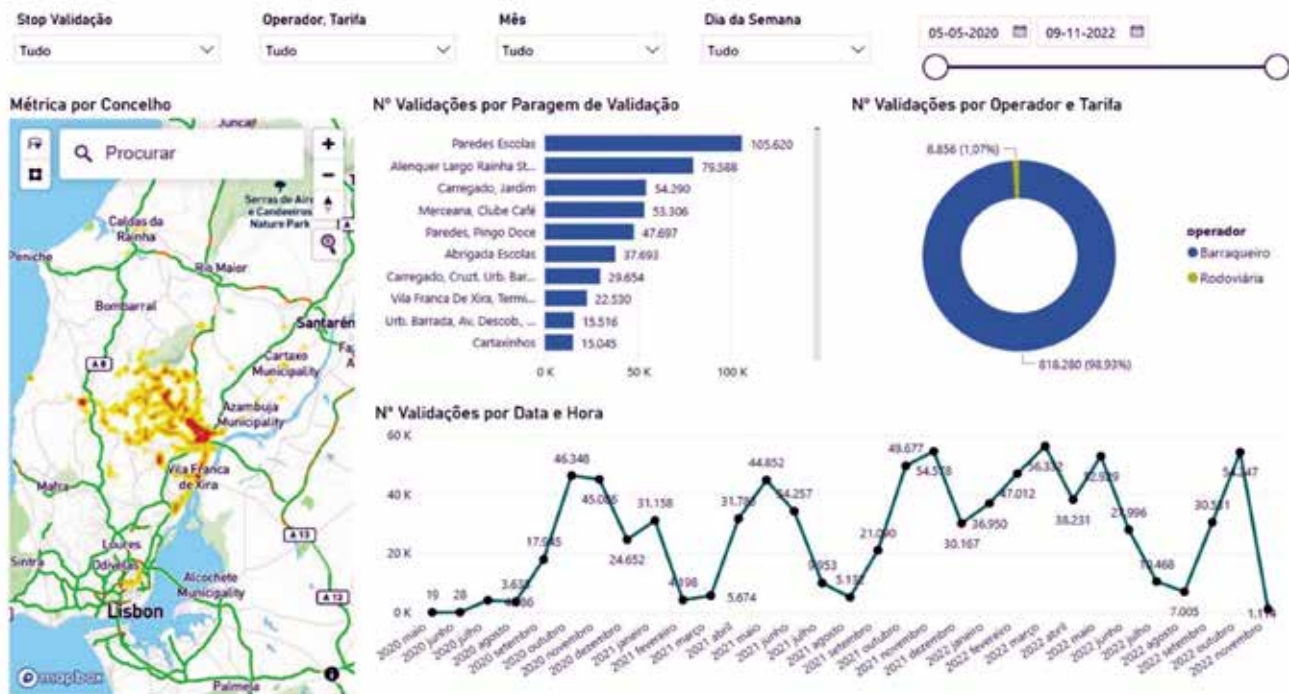


Figure 10. Monthly tickets validation in Alenquer municipality

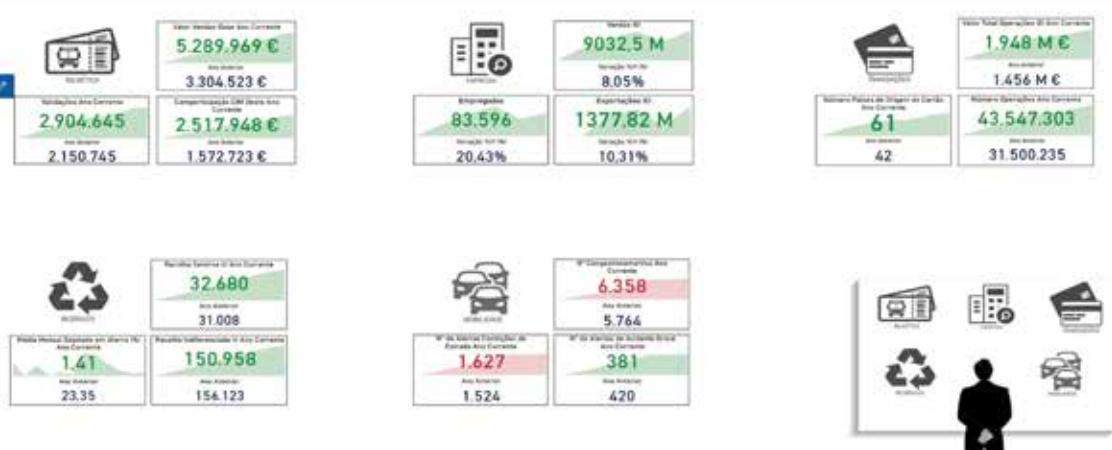


Figure 11. Alenquer Mayors Cockpit

available at CIM Oeste level.

The Mayors Cockpit for each municipality allow to each mayor have the most important figures of the main verticals addressed in the platform (see Figure 11). Clicking on the icon of each vertical the mayor can access more detailed information, namely the time evolution of the variation for example of the selective waste collection, mixed waste collection, waste energetic valorization, and waste that was deposited in landfill (see Figure 12).

## 4. CONCLUSION

The project supported the creation of a new paradigm of public policies, that supports all their cycle (i.e., Scheduling, Formulation, Implementation and Assessment) in which the interventions planned and implemented by the municipalities are data-driven, with great granularity and generating efficiency in the use of resources. This new approach will contribute to

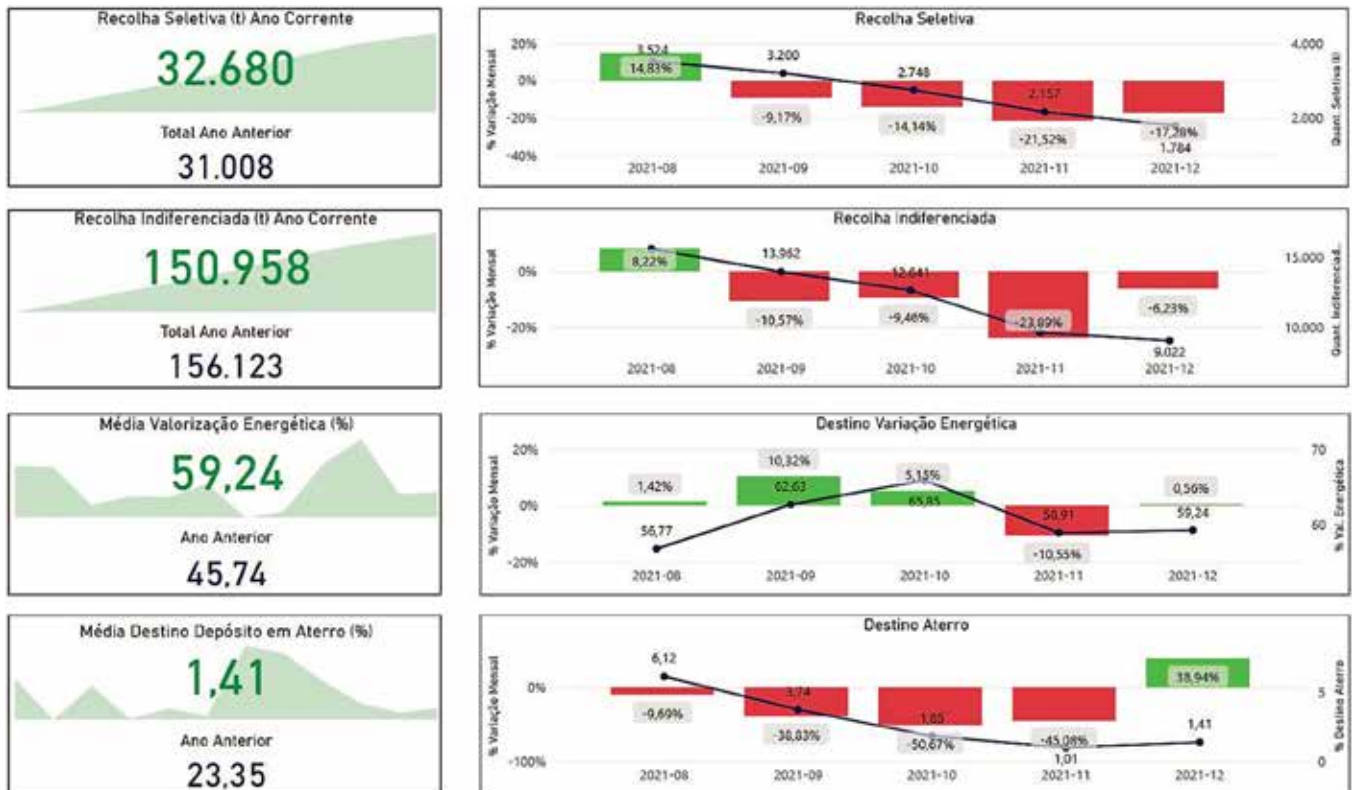


Figure 12. Waste management detailed information available in Mayors Cockpit of Alenquer municipality

a better application of public resources, and ensuring greater sustainability in decision making, creating a new paradigm in the creation of public value.

Additionally, it was possible to create applications for internal use by municipalities and external use for citizens, as well as to provide information to companies in the region (e.g., equipment and infrastructure) that will allow the design of new products and services, thus leveraging the region's economy. Finally, it also relevant to refer the opportunity to feed research by the academy with the data provided by the platform, increasing knowledge about the region.

## AKNOWLEDGEMENTS

This work was funded by the European Union under the European Regional Development Fund through the financing programs Compete 2020 and Portugal 2020.

## REFERENCES

Bauer, M., Helbig, D., Mokhov, V., & Eltsova, M. (2019). Smart Region concept as a solution for sustainable development for region with a rural and urban

character. *Journal of Physics: Conference Series*, 1415, 012018. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1415/1/012018>

Beirat für Raumentwicklung (2017). *Smart Cities und Smart Regions für eine nachhaltige Raumentwicklung*. Bundesministerium Des Innern Und Für Heimat. Retrieved December 10, 2022, from <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/themen/heimat-integration/raumordnung/smart-ciites-regions-nachhaltige-raumentwicklung.pdf>

Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society*, 31, 183–212. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.016>

Brenner, N., & Schmid, C. (2015). Towards a new epistemology of the urban? *City*, 19(2-3), 151–182. <https://doi.org/10.1080/13604813.2015.1014712>

Breuer, J., Walravens, N., & Ballon, P. (2014). Beyond Defining the Smart City. Meeting Top-Down and Bottom-Up Approaches in the Middle. *TeMA: Journal of Land Use, Mobility and Environment*. <http://dx.doi.org/10.6092/1970-9870/2475>.

Calabrò, F., & Cassalia, G. (2018). Territorial Cohesion: Evaluating the Urban-Rural Linkage Through the Lens of Public Investments. *Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions*, 573–587. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75000-0\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75000-0_25)

- doi.org/10.1007/978-3-319-75774-2\_39
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart Cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82. <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>
- Cocchia, A. (2014). Smart and Digital City: A Systematic Literature Review. *Smart City*, 13–43. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-06160-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-06160-3_2)
- Garcia-Ayllon, S., & Miralles, J. L. (2015). New Strategies to Improve Governance in Territorial Management: Evolving from “Smart Cities” to “Smart Territories.” *Procedia Engineering*, 118, 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.396>
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Milanovic, N., & Meijers, E. (2007). Smart Cities – Ranking of European médium-sized cities
- Greenfield, A. (2013). Against the smart city. Do Projects.
- Hartshorne, R. (1979). Perspective on the nature of geography. The Association Of American Geographers, Cop.
- Henri Lefebvre, Bononno, R., & Smith, N. (2003). The urban revolution. University Of Minnesota Press, Cop.
- Hodson, M., & Marvin, S. (2017). Intensifying or transforming sustainable cities? Fragmented logics of urban environmentalism. *Local Environment*, 22(sup1), 8–22. <https://doi.org/10.1080/13549839.2017.1306498>
- Hofmeister, S., & Mölders, T. (2019). StadtLandschaft. RaumFragen: Stadt – Region – Landschaft, 731–741. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-25746-0\\_59](https://doi.org/10.1007/978-3-658-25746-0_59)
- Höjer, M., & Wangel, J. (2014). Smart Sustainable Cities: Definition and Challenges. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 310, 333–349. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-09228-7\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-319-09228-7_20)
- Kitchin, R. (2013). The Real-Time City? Big Data and Smart Urbanism. *SSRN Electronic Journal*, 79. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2289141>
- Kodym, O., & Unucka, J. (2018). Smart Life in Smart Region. Proceedings of the 2nd EAI International Conference on Management of Manufacturing Systems. <https://doi.org/10.4108/eai.22-11-2017.2274120>
- Matern, A., Binder, J., & Noack, A. (2019). Smart regions: insights from hybridization and peripheralization research. *European Planning Studies*, 28(10), 2060–2077. <https://doi.org/10.1080/09654313.2019.1703910>
- Mazza, P. I., & Mavri, M. (2019). From Smart cities to Smart regions as a solution to improve the sustainability of urban communities. *Ekonomia*, 20(389), 60–80.
- Mölders, T., Othengrafen, F., Stock, K., & Zibell, B. (2016). Zwischen Stadt und Land: Hybride Räume verstehen und gestalten. *StadtLandschaften*, 37–61. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-10400-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-658-10400-9_3)
- Nikolaidou, S., Klöti, T., Tappert, S., & Drilling, M. (2016). Urban Gardening and Green Space Governance: Towards New Collaborative Planning Practices. *Urban Planning*, 1(1), 5. <https://doi.org/10.17645/up.v1i1.520>
- No one likes a city that’s too smart | Richard Sennett. (2012, December 4). *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2012/dec/04/smart-city-rio-songdo-masdar>
- Sassen, S. (2012). Cities: A Window into Larger and Smaller Worlds. *European Educational Research Journal*, 11(1), 1–10. <https://doi.org/10.2304/eeerj.2012.11.1.1>
- Shearmur, Richard & Charron, Mathieu & Pajevic, Filipa. (2017). La ‘région rurale intelligente’ à l’aune de la ‘ville intelligente’: définition, critique et enjeux / From ‘Smart cities’ to ‘Smart rural regions’: definitions, critique and implications.
- Smart regions: Paving the way for successful Digitalization Strategies Beyond Smart cities. The Smart City Association Italy. (2018, December 19). Retrieved December 10, 2022, from <https://thesmartcityassociation.org/smart-regions-paving-the-way-for-successful-digitalization-strategies-beyond-smart-cities/>
- Söderström, O., Paasche, T., & Klauser, F. (2014). Smart cities as corporate storytelling. *City*, 18(3), 307–320. <https://doi.org/10.1080/13604813.2014.906716>
- Sutriadi, R. (2018). Defining smart city, smart region, smart village, and technopolis as an innovative concept in indonesia’s urban and regional development themes to reach sustainability. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 202, 012047. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/202/1/012047>
- Tunç, Z. E. Y. | J. (n.d.). Smart Cities and Smart Regions: An Evaluation from Smart Cities to Smart Regions. *Www.academia.edu*. Retrieved December 10, 2022, from [https://www.academia.edu/36244447/Smart\\_Cities\\_and\\_Smart\\_Regions\\_An\\_Evaluation\\_from\\_Smart\\_Cities\\_to\\_Smart\\_Regions](https://www.academia.edu/36244447/Smart_Cities_and_Smart_Regions_An_Evaluation_from_Smart_Cities_to_Smart_Regions)
- Vanolo, A. (2013). Smartmentality: The Smart City as Disciplinary Strategy. *Urban Studies*, 51(5), 883–898. <https://doi.org/10.1177/0042098013494427>
- Vanolo, A. (2016). Is there anybody out there? The place and role of citizens in tomorrow’s smart cities. *Futures*, 82, 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.06.001>

futures.2016.05.010

Viitanen, J., & Kingston, R. (2014). Smart Cities and Green Growth: Outsourcing Democratic and Environmental Resilience to the Global Technology Sector. *Environment and Planning A: Economy and*

*Space*, 46(4), 803–819. <https://doi.org/10.1068/a46242>

Vukovic, D., & Kochetkov, D. M. (2017). Defining region. *R-Economy*, 3(2), 76–81. <https://doi.org/10.15826/recon.2017.3.2.009>

## About the authors

### Paulo Simões

Paulo Simões is Executive Secretary of CIM Oeste. His main responsibilities are CIM Oeste public manager, manage intercity services and administrative modernization. He manages intermunicipal services such as Administrative Modernization, Digital Transition and Environmental Transition, investment attraction and internationalization. Previously he worked in several Portuguese public institutions like the Directorate-General of Economic Activities and the Ministry of International Affairs where he had leading roles. Paulo Simões is a PhD student in Public Administration, has a Specialization Diploma in Public Management, a Specialization Diploma in Leadership and People Management and the Senior Management Course in Public Administration (INA). Previously he obtained a degree in Human Resources Management and a post-graduation in Marketing and Business by Universidade Lusitana in Lisbon. He is the internal responsible for the SMART REGION Project, coordinating at policy level the participation of each municipality in the project.

### Miguel de Castro Neto

Miguel de Castro Neto is Dean of NOVA Information Management School (NOVA IMS) at Universidade Nova de Lisboa, where he created NOVA Cidade – Urban Analytics Lab, dedicated to smart cities and urban analytics. He was Secretary of State for Spatial Planning and Nature Conservation in the 19th and 20th Governments and Smart Cities Personality of the Year 2017 (Green Business Week / AIP Foundation). Founder and Vice President of the Data Science Portuguese Association and member of the Platform for Sustainable Growth. He develops his research and teaching work in the area of Business Intelligence and Smart Cities, with emphasis on the creation of the Master in Knowledge Management and Business Intelligence at NOVA IMS, currently classified as the “World Best Master Program in Business Intelligence” by the Eduniversal international ranking, where he teaches the Business Intelligence course units. He is responsible for the high-level management of Smart Region platform.

### Pedro Sarmento

Currently Pedro Sarmento is a researcher at NOVA Cidade – Urban Analytics Lab and professor of the practice at NOVA Information Management School (NOVA IMS). He holds a PhD in Information Management – Geographic Information Systems (GIS) by NOVA IMS of Universidade Nova de Lisboa, previously obtained an MSc in Science & Geographic Information Systems by the same institution and a graduation in Biophysics Engineering - Planning and Environmental Management from the University of Évora. His main research areas are related with urban analytics namely in the areas of mobility, waste management, parking, and emergency, having previously worked and made research, in the production and accuracy assessment of land cover maps, in private and public institutions. Currently he analyzes spatial data and manage projects, developing research and technical work that explore the potential of data science and GIS to promote social, economic, and environmental well-being at city, regional and national level. He is responsible for the technical management of the Smart Region platform.

### André Barriguinha

André Barriguinha has a degree in Agricultural Engineering from the University of Évora, where he was involved as a collaborator in several research projects in the Department of Rural Engineering of the same institution, in the areas of agricultural and forestry mechanization. Subsequently, he expanded his professional skills, in the preparation and technical monitoring of projects and works in the agricultural and forestry sectors at the companies EcoAgro, Lda. and TMF, Lda., where he acquired extensive experience over the years in terms of consultancy and execution. Master in Science and Geographic Information Systems and PhD candidate in Information Management – Geoinformatics at NOVA IMS Information Management School, Universidade Nova de Lisboa where he taught, as a guest lecturer, in the subjects of Databases and Geographic Information Systems and remains guest lecturer in the Urban Analytics course of the Post-Graduate Course in Smart Cities. Since 2020, he has been working with NOVA Cidade – Urban Analytics Lab as Chief Operating Officer (COO) and Geographic Information Systems (GIS) Specialist and Researcher. He is responsible for Smart Region platform implementation.



# El enlace geodésico de las Islas Baleares con el continente (1867-1885)

MARIO RUIZ MORALES

## RESUMEN

Con el transcurso del tiempo, se fue cuestionando la excelencia del enlace balear patrocinado por el Bureau des Longitudes, hasta el extremo de que al ser analizado con espíritu crítico se evidenció la conveniencia de optimizarlo. Tres fueron algunas de las características susceptibles de mejora: incluir a la isla de Menorca en la red triangular, controlar su escala con una base geodésica situada cerca del extremo austral del arco y fortalecer el enlace propiamente dicho introduciendo en el proyecto cuadriláteros en los que se observasen sus dos diagonales. Ese fue precisamente el planteamiento seguido por Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, en cuanto decidió involucrarse en el proyecto geodésico de las Islas Baleares uno de los cometidos más relevantes que abordó tras ser nombrado Jefe del Distrito Geodésico y Catastral de Levante. Tal fue su interés por el enlace, que el 11 de octubre de 1864, hizo su propuesta y el 22 de febrero de 1865 dieron comienzo los trabajos.

## Palabras clave:

Enlace geodésico, Islas Baleares, Vértices geodésicos, Ibáñez de Ibero, Geodesia

## ABSTRACT

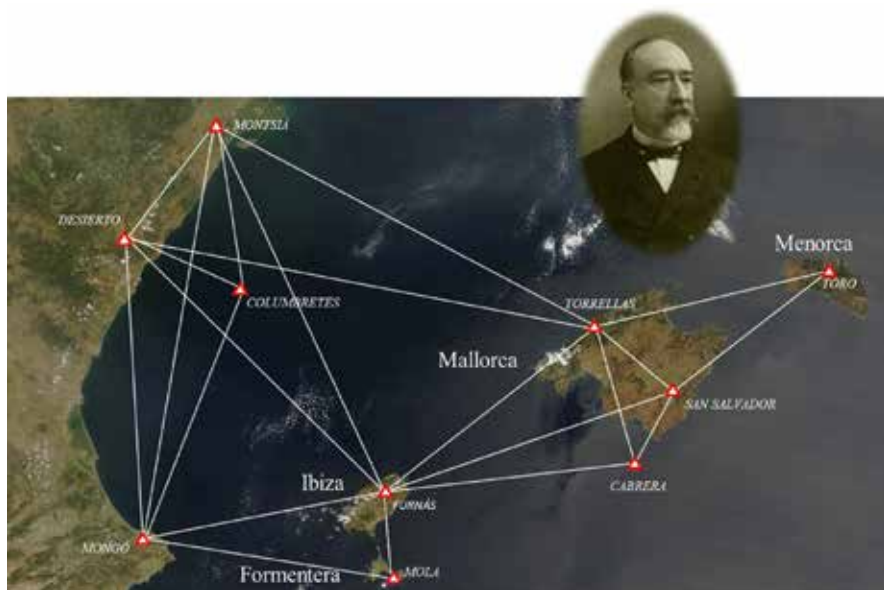
Over time, the excellence of the Balearic link sponsored by the Bureau des Longitudes was questioned to such an extent that when it was critically analysed, it became clear that it should be optimised. There were three features that could be improved: including the island of Menorca in the triangular network, controlling its scale with a geodesic base located near the southern end of the arc, and strengthening the link itself by introducing quadrilaterals in the project in which its two diagonals could be observed. This was precisely the approach followed by Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, when he decided to become involved in the geodetic project of the Balearic Islands, one of the most important tasks he undertook after being appointed Head of the Geodetic and Cadastral District of Levante. Such was his interest in the link that on 11th October 1864 he made his proposal and on 22nd February 1865 work began.

## Keywords:

Enlace geodésico, Islas Baleares, Vértices geodésicos, Ibáñez de Ibero, Geodesia

DOI: <https://doi.org/10.59192/mapping.396>





de reemprender los trabajos que se habían suspendido en España y le hicieron llegar a Laplace<sup>3</sup> la propuesta correspondiente; éste la aceptó de inmediato, brindándoles su apoyo y consiguiendo, a través del *Bureau des Longitudes*, que el gobierno librase los fondos necesarios para continuar con tan relevante proyecto.

A primeros del mes de septiembre de 1806, emprendieron el viaje a España desde París, junto al representante español<sup>4</sup> José Rodríguez González, el cual se encontraba en Francia ampliando sus conocimientos matemáticos. El propio Biot detallaba años después esa partida<sup>5</sup>, poniendo de manifiesto la amistad que alcanzaron con los dos españoles: «*Le gouvernement espagnol nous adjoignit deux commissaires, MM. Chaix et Rodriguez; le premier, astronome déjà connu par plusieurs travaux utiles; le second, plus jeune, venu d'Espagne en France par le seul désir d'étudier l'Astronomie et les hautes Mathématiques, à l'Observatoire et au Collège de France, s'était depuis longtemps acquis notre estime et notre amitié.*

## Prolegómenos

La creación del Sistema Métrico Decimal y la consiguiente superación de la mayoría de las unidades antropométricas de medida, en los países que lo adoptaron, fueron dos acontecimientos científicos relevantes y auspiciados por la revolución francesa. De entre todas las nuevas magnitudes propuestas destacó el metro, como unidad lineal por excelencia, identificado en un principio como la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre<sup>1</sup>, convirtiéndose así en el nexo entre dos disciplinas tan interesantes como la Geodesia y la Metrología. Se entiende así que, al pretender fijar mejor la exactitud de tan novedoso patrón, se decidiera prolongar el meridiano del Observatorio de París, en los dos sentidos, hasta alcanzar Dunkerque y Barcelona.

Los encargados de llevar a cabo esa prolongación fueron los astrónomos y geodestas franceses Jean Baptiste Delambre y Pierre François Méchain. La operación, calificada en su tiempo como «la plus grande de ce genre», fue culminada con éxito; aunque la repentina muerte del segundo<sup>2</sup>, en Castellón de la Plana, frustró su intención de haberla prolongado hasta las Islas Baleares para alcanzar así el paralelo de 45°. Al enterarse el hijo, Secretario entonces del Observatorio de París, renunció a su puesto. Fue entonces cuando Siméon Denis Poisson, de acuerdo con Pierre Simon Laplace, ofreció el trabajo a François Jean Arago. Durante su estancia en el observatorio coincidió con Jean Baptiste Biot, colaborando ambos en el estudio de la refracción de los gases. Allí hablaron de la posibilidad

<sup>1</sup> Al definir el metro como parte del desarrollo del meridiano se intentó universalizarlo y hacerlo independiente de cualquier otra magnitud. No obstante, conviene recordar que al proceder así se enlazó con prácticas metrologías pretéritas; sirva de ejemplo justificativo la reseña incluida por Aristóteles en su Tratado del Cielo (*De Caelo*): una especie de estadio igual a la cienmilésima parte de la distancia del polo al ecuador y que habría sido el prototipo de las medidas lineales de Asia.

<sup>2</sup> Parece como si Méchain hubiese previsto su final, a tenor de la carta que mostró Biot a Arago, ante la imposibilidad de culminar su proyecto de enlace. Estas fueron algunas de las palabras del relato efectuado por el primero de ellos: «...*dont le succès (ce sont ses propres termes) lui paraissait plus qu'incertain; et, ajoutait-il, même en supposant ce succès possible, l'éloignement du terme où il pourrait être effectué est si grand, qu'il m'accable, me tue, et que je n'en puis supporter l'idée. Cette malheureuse comisión, dont le succès est si éloigné, beaucoup plus qu'incertain, sera plus que probablement ma perte.*»

<sup>3</sup> Aunque el anuncio lo hizo Laplace en la asamblea celebrada por el Bureau el 2 de mayo de 1805, la misión no partió para Barcelona hasta el 3 de septiembre del año siguiente.

<sup>4</sup> El gobierno español nombró también como representante al astrónomo y matemático José Chaix Isnuel, que fue subdirector de la Escuela de Ingenieros Cosmógrafos y efímero director del Observatorio de Madrid. La elección de Chaix estuvo más que justificada, no en vano ya había colaborado con Méchain.

<sup>5</sup> *Recueil d'observations géodésiques, astronomiques et physiques / exécutées par ordre du Bureau des Longitudes de France en Espagne, en France, en Angleterre et en Écosse, pur déterminer la variation de la pesanteur et des degrés terrestres sur le prolongement du Méridien de Paris, faisant suite au troisième volumen de la Base du Système métrique; rédigé par Mm. Biot et Arago, Membres dde l'Académie des Sciences, Astronomes adjoints du Bureau des Longitudes, etc. 1821.* En esta obra monumental se especifican las fechas en que se hicieron las observaciones de cada vértice de la red triangular, figurando además los operadores responsables, incluidos Chaix y Rodríguez. Ella y otras tres escritas por Delambre, son los cuatro tomos de que consta la colección del Sistema Métrico Decimal. Biot mostraba su satisfacción y ensalzaba la importancia del nuevo patrón lineal, en tanto que sus divisores serían de aplicación en la agrimensura y sus múltiplos en la evaluación de los espacios celestes.



Arago y Biot, los dos geodestas y astrónomos franceses que consiguieron culminar parcialmente la triangulación prevista por Méchain

*L'empereur ordonna l'expédition, et accorda libéralement tous les fonds nécessaires pour l'exécuter. L'Espagne nous donna un vaisseau, l'Angleterre un sauf-conduit*, Poco más adelante insistía sobre el mismo particular, manifestando que la constancia de los dos comisarios españoles, y su conducta, a lo largo de toda la operación, había establecido entre ellos una relación de estima y amistad inalterables, que supieron conservar en las circunstancias más peligrosas, añadiendo: «*Que n'en a-t-il été de même des autres personnes qui ont pris part à nos travaux! M. Arago n'aurait pas eu à souffrir les ennuis et les peines d'une longue captivité.*» Los cuatro operadores, en mayor o menor grado, se responsabilizaron de la medida de los ángulos formados por los lados de la cadena triangular que acabó uniendo el vértice Montserrat (cerca de Barcelona) y el Mola (en la Isla de Formentera). Tales medidas, esencialmente geodésicas, se complementaron con las observaciones astronómicas de numerosas estrellas con el fin de obtener la latitud del segundo, así como el acimut del último lado de la cadena triangular<sup>6</sup>; en la referida

<sup>6</sup> Determinado por los vértices Molal y Campvey, localizado en la isla de Ibiza.

memoria de Biot y Arago, se detallan estas dos operaciones y los ajustes necesarios para llegar a los valores correspondientes.

Cuando Biot y Arago dieron cuenta de sus trabajos en el Instituto de Francia, lo hicieron desde la legítima complacencia de saber que habían tenido que superar numerosas dificultades. Buen ejemplo de ello fue el triángulo principal con el que unieron las islas y la costa peninsular, el más grande observado jamás, formado por dos vértices del litoral, Mongóy/Desierto de las Palmas, y por Campvey, situado en la isla de Ibiza<sup>7</sup>. Los operadores indicaron que su exceso esférico fue de 39'', mucho mayor que los 4'' encontrados en otros triángulos proyectados en

<sup>7</sup> Otro triángulo menor fue el formado por Mongó, Campvey y el vértice Mola en la Isla de Formentera. No obstante, Arago detallaba mucho más los detalles de la triangulación en el capítulo XXII de su *Astronomía popular* (1856. *Determination de la Méridienne*): «*L'arc de Montjoui, près de Barcelone, jusqu'à Formentera, est presque tout entier sur la mer. On l'a mesuré en prolongeant une suite de triangles sur la côte d'Espagne, depuis Barcelone jusqu'au royaume de Valence, en joignant la côte de Valence aux îles par un immense triangle dont un côté a plus de 160000 mètres (82,555 toises) de longueur. J'ai ajouté aux 16 triangles que M. Biot et moi avons déterminés pour remplir la mission que nous avait confié le Bureau des longitudes, un 17e triangle qui joint géodésiquement le Clop de Galazo, dans l'île Mayorque, à Iviza et à Formentera (fig.286), et j'ai obtenu ainsi la mesure d'un arc de parallèle de un degré et demi.*»

Francia, sobre ese arco de meridiano<sup>8</sup>. Otra cuestión no trivial que hubieron de soslayar fue la fuerte reverberación asociada a visuales demasiado próximas a la superficie del mar, las cuales solo se pudieron materializar con observaciones nocturnas<sup>9</sup>. En cualquier caso, cuando sus observaciones fueron remitidas al *Bureau des Longitudes* y una comisión las examinó y calculó<sup>10</sup>, llegó a la conclusión de que su resultado (comparado con el asociado a las de Delambre y Méchain) proporcionó un valor del metro casi idéntico al que ya habían fijado las leyes francesas, tras las primeras determinaciones.

Siendo incuestionable que esta expedición científica para prolongar un arco de meridiano, comandada por Arago y Biot, marcó un hito relevante en el estudio del tamaño de la Tierra, es igual de relevante la que llevó a cabo el segundo, algunos años después, en la Isla de Formentera; en este caso contó con la colaboración de su único hijo, el ingeniero Edouard Constant. La operación fue entonces exclusivamente gravimétrica, lo que contribuyó a mejorar el conocimiento que se tenía sobre el aplastamiento polar. Los correspondientes pormenores fueron igualmente recogidos en la memoria anterior y en la que presentó a la Academia Real de Ciencias<sup>11</sup> *Institut de France*.

<sup>8</sup> Teniendo en cuenta que la superficie del triángulo esférico es el producto del exceso, expresado en radianes, y del cuadrado del radio de la esfera, resultaría que encerraría una superficie próxima a los 7675 km<sup>2</sup> (se ha supuesto que el valor del radio es de 6371 km). Del rigor de sus observaciones, da idea el hecho de que los errores de cierre de los grandes triángulos oscilaron entre 1 y 4 segundos sexagesimales.

<sup>9</sup> La visual formada por los vértices Camp-vey y Desierto tardó varios meses en ser completada.

<sup>10</sup> Años después, en 1830, Louis Puissant dedujo un error de 69 toesas en los cálculos de la Comisión, de lo que dedujo que el metro hallado era demasiado corto.

<sup>11</sup> En su introducción resumió los tres procedimientos, empleados hasta entonces, para deducir la verdadera forma de la Tierra. En primer lugar el clásico de medir arcos de meridiano y de paralelo en regiones dispares de la superficie terrestre. A continuación mencionó que el aplastamiento polar se podía determinar basándose en el estudio de la influencia que ejerce sobre los movimientos de la Luna; un método debido a Laplace,

*Memoire sur la Figure de la Terre*, por M. Biot. Aseguraba Biot, que había efectuado los nuevos experimentos para contribuir a un mejor conocimiento de la figura de la Tierra. En ellos se midió repetidamente la longitud del péndulo que batía segundos, corrigiéndola después por la altitud para deducir su valor al nivel del mar. Las estaciones elegidas fueron localizadas en la Isla de Formentera y en Barcelona: «*Enfin nous devons compléter notre voyage par la mesure du pendule à Barcelone, afin d'obtenir ainsi des résultats intermédiaires entre Formentera et le 45e parallèle*». Los resultados fueron los siguientes: Véase la Tabla 1.

## Cronología de la operación

Con el transcurso del tiempo, se fue cuestionando la excelencia del enlace balear patrocinado por el *Bureau des*

*Longitudes*, hasta el extremo de que al ser analizado con espíritu crítico se evidenció la conveniencia de optimizarlo. Tres fueron algunas de las características susceptibles de mejora: incluir a la isla de Menorca en la red triangular, controlar su escala con una base geodésica situada cerca del extremo austral del arco y fortalecer el enlace propiamente dicho introduciendo en el proyecto cuadriláteros en los que se observasen sus dos diagonales. Ese fue precisamente el planteamiento seguido por Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, en cuanto decidió involucrarse en el proyecto geodésico de las Islas Baleares uno de los cometidos más relevantes que abordó tras ser nombrado Jefe del Distrito Geodésico y Catastral de Levante<sup>12</sup>. Tal fue su interés por el enlace, que el 11 de octubre de 1864 (al mes de haber tomado posesión de su nuevo cargo), hizo su propuesta y el 22 de febrero de 1865 ya dieron comienzo los trabajos, aunque la remisión al Ministerio del primer proyecto de enlace no se

efectuó hasta el 1 de agosto siguiente.

El fuerte ritmo impuesto al comienzo de los trabajos fue solo un espejismo, puesto que pronto fueron suspendidos en favor de las triangulaciones de cada una de las islas y de los enlaces entre ellas. Esa nueva tarea resultó completa, en tanto que se realizaron redes de tres órdenes y se midieron tres bases con una regla, especialmente diseñada por Ibáñez, construida en los talleres parisinos fundados por el suizo Jean Brunner; los emplazamientos elegidos para ellas fueron Ibiza, Prat (Mallorca) y Mahón (Menorca). Dichas triangulaciones también fueron observadas y calculadas en un tiempo récord, no en vano Ibáñez publicó formalmente sus resultados en su Descripción de Baleares (1871), un tratado científico que es referencia obligada en la historia de la geodesia española, ilustrado con los esquemas de los instrumentos empleados y los mapas de cada isla, en los que se vaciaron los triángulos de los tres órdenes (incluyendo los de las ampliaciones de las bases) y se identificaron nominalmente todos los vértices geodésicos.

La interrupción del enlace de las islas con la península fue demasiado prolongada, a causa de la esperada eliminación de los distritos y de la consiguiente creación del Instituto Geográfico (septiembre de 1870), cuyo primer director fue precisamente el mismo Carlos Ibáñez. El reinicio de los trabajos tuvo lugar siete años después, ya en el seno del Instituto. Cobraron especial protagonismo los geodestas de ese centro. Pero otra vez se abrió un último paréntesis, relacionado en esta ocasión con el enlace geodésico y astronómico que unió los continentes europeo y africano<sup>13</sup>. Las misiones propias de la dirección del Instituto Geográfico y

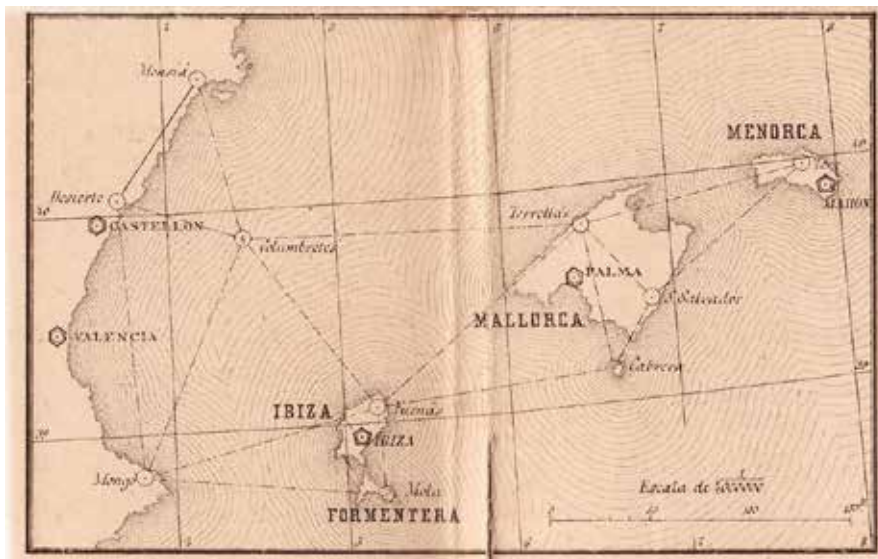
en el que se suponía un elipsoide muy poco diferente de la esfera, hecho incuestionable para la Tierra. El último método referido para fijar su figura fue debido a Newton, el cual se apoyó en la suposición de un elipsoide fluido, casi esférico, compuesto por un número indeterminado de capas con densidad variable, y tal que sus partículas se atraían mutuamente en razón directa de sus masas e inversa del cuadrado de las distancias. Una vez procesados todos los datos determinados gracias a sus múltiples observaciones realizadas en estaciones de latitud diferente, concluyó Biot que la longitud del péndulo no reunía los requisitos necesarios para ser patrón universal de las medidas lineales: «De tout cela, il faut nécessairement conclure que la longueur du pendule n'as pas les caracteres de généralité et d'invariabilité que l'on doit chercher dans un étalon de mesure que l'on prépare pour la postérité».

<sup>12</sup> El distrito, creado por Real Orden del 10 de septiembre de 1864, comprendía los territorios de Alicante, Baleares, Castellón y Valencia. El propio Ibáñez resumía los cometidos del distrito en estos términos: «Los trabajos que con este nombramiento quedaban a mi cargo... pueden dividirse en tres partes. 1ª. Enlace geodésico de las islas Baleares al continente por medio de una triangulación que necesariamente había de presentar condiciones excepcionales, ocasionadas por la gran magnitud de los lados; 2ª. Triangulaciones locales en cada una de las islas, con el único fin de situar suficiente número de puntos geodésicos a que se pudiese referir la topografía; 3ª. Planos topográfico -parcelarios». La primera parte, que no se haya todavía terminada, será objeto de una publicación especial. De la segunda parte dio cumplida cuenta en la que fue su publicación más voluminosa: Descripción Geodésica de las Islas Baleares (866 páginas. Madrid 1871).

Tabla 1. Valores obtenidos por Biot y su hijo en las segundas observaciones que efectuó en España (a finales del año 1824).

ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD DEL PÉNDULO	
		OBSERVADA mm	CORREGIDA mm
Barcelona	41° 23' 15"	993,230852	993,2321312
Formentera	38° 39' 56"	993,006385	993,0696597

<sup>13</sup> Un experimento geodésico que fue dirigido con singular eficacia por dos geodestas excepcionales: Carlos Ibáñez y François Perrier



Proyecto del enlace entre las Islas Baleares y la costa peninsular. La escala del original fue de 1/4000000. El esquema se incluyó en la publicación de Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, titulada *La Descripción Geodésica de las Islas Baleares* (1871). En la versión final se formaron dos cuadriláteros en los que se observaron sus respectivas diagonales: A) Montsiá, Desierto, Mongó e Ibiza y B) Montsiá, Desierto, Ibiza y Torrellas

Estadístico (creado en 1873) impidieron a Ibáñez participar directamente en los trabajos de campo, aunque siempre estuvo al tanto de ellos. Él fue quien firmó la memoria que dio cuenta del éxito del enlace, la cual se integró en las editadas por el mencionado Instituto Geográfico (Tomo VI, correspondiente al año 1886, pp: 3-61).

En su introducción se resumieron con claridad todas las cuestiones técnicas relacionadas con la construcción de los vértices geodésicos, con los aparatos empleados, con las medidas angulares y con los imprescindibles cálculos. Así se describía la unión geodésica entre los diferentes vértices, peninsulares e insulares: «...partiendo del lado Montsiá-Desierto de las Palmas de am cadena de costa Este, saltaba al mayor de los islotes Columbretes para volver a la costa en el vértice Mongó y lanzarse desde estos últimos a las islas de Ibiza y Formentera por un lado, valiéndose de los vértices Furnás y Mola, y por otro a la isla de Mallorca en los vértices Torrellas y San Salvador, que enlazados a su vez con la isla de Cabrera, forman el último

triángulo de la cadena con el vértice Toro, situado en la parte central de la isla de Menorca».

Es destacable la inmediata modificación del proyecto original de Biot y Arago, ya que el vértice Campvey usado a comienzos de siglo, fue sustituido por el de Furnás, facilitándose de ese modo las visuales al Este y el posterior enlace entre todas las islas, conservando la posibilidad de alcanzar el extremo más meridional del arco procedente de Dunkerque, una vez recuperado el vértice Mola de Formentera (materializado por el testigo que habían enterrado en su momento los dos geodestas franceses).

El refrendo científico del proyecto de Ibáñez fue acordado en Neuchâtel (1866), ciudad suiza en la que se reunió la Comisión permanente de la Asociación Geodésica Internacional. La propuesta fue presentada por el coronel español, el cual había sido comisionado por el gobierno, asegurando que se podría volver a medir la prolongación del meridiano que arrancaba en el Norte de Francia y llegaba a Formentera, al mismo tiempo que se efectuaba el referido

enlace entre las islas y la costa levantina<sup>14</sup>. Sin embargo, los deseos de Carlos Ibáñez, al que se le encomendó personalmente la ejecución de los trabajos, no tardaron en frustrarse por la pronta supresión del Distrito geodésico y catastral; a pesar de ello se construyeron la mayoría de los vértices y quedaron dispuestos para su observación, al disponer cada uno de ellos de un pilar en el que colocar los instrumentos correspondientes.

El conocido tesón de Ibáñez hizo posible que en el año 1867 (entre mayo y septiembre) se realizase la primera campaña y se logró su finalización con la medida de la base de Mahón y la observación de los vértices San Salvador, Torrellas y Toro, con la salvedad, en el segundo, de la dirección relativa a Columbretes. Entre abril y junio del año siguiente se realizó la segunda, también bajo la dirección del propio Ibáñez. Los resultados fueron los siguientes: además de la base de Ibiza, y la observación de las redes locales de primer orden de esa isla y de la de Formentera, se concluyó la observación del vértice Furnás, incluyendo las direcciones a Torrellas, Cabrera y Mola, así como el ángulo formado en ese último vértice<sup>15</sup>

<sup>14</sup> En la memoria se añadía: «No hay que decir que el ofrecimiento fue aceptado con júbilo por aquellos doctos geodestas, pero lo que importa consignar es que dos años después comenzaban simultáneamente las observaciones por los extremos Norte y Sur de la parte española de la mencionada cadena, que el Gobierno francés ordenaba poco después la remediación de la parte comprendida en su territorio, y que, aprovechando nuestra cadena de la costa de Levante que lleva los triángulos hasta la altura del Cabo de Gata, han realizado los dos Gobiernos hace pocos años el enlace geodésico sobre el Mediterráneo, de la Red argelina con la española, lo que proporciona una dilatada cadena geodésica, cuyos eslabones no se interrumpen desde las islas Shetland al Norte de Escocia, hasta el Desierto del Sahara». Ha de tenerse en cuenta que se incluyó ese comentario en la memoria del Instituto Geográfico y Estadístico correspondientes al año 1886.

<sup>15</sup> En ese mismo vértice Mola mediría el Comandante de Ingenieros, y geodesta del Instituto Geográfico y Estadístico, Juan Borrés y Segarra el acimut del lado Mola-Furnás (1884), amén de su latitud. Esta ya había sido determinada por Biot, Arago y Chaix (en diciembre de 1807 y durante enero y febrero de 1808) y por Biot

por los lados que lo unían con Camp-vey y Furnás. Esa última medida permitió el transporte del acimut del primero<sup>16</sup>, ya medido en 1808, al segundo (que formaba parte de la red de enlace con las costas levantinas).

El traslado a Madrid de Ibáñez, para hacerse cargo de la dirección del Instituto Geográfico, supuso la suspensión del enlace durante siete años. En la reanudación recayó el protagonismo sobre el geodesta Vicente López Puigcerver<sup>17</sup>, que efectuó la primera campaña entre septiembre y diciembre de 1877. Durante ella, se observaron en Montsiá las direcciones a Columbretes y Desierto, en este las de Montsiá, Columbretes y Mongó, y por último las que unían Mongó con Desierto, Columbretes, Furnás y Mola. La segunda salida al campo se inició en marzo de 1878 y concluyó en el mes de junio. Idéntico observador, acompañado por los mismos Auxiliares de Geodesia, estacionó en Columbretes para definir las direcciones correspondientes a Montsiá, Desierto y Mongó, sin poder hacerlo con las de Torrellas y Furnás, al no haber podido divisar las cumbres de Mallorca e Ibiza (salvo en algunos instantes del 17 y 18 de abril). Entre septiembre y diciembre de ese mismo año tuvo lugar la tercera campaña, con la que se cerró otra fase de los trabajos de campo. El responsable fue de nuevo López Puigcerver, el cual volvió al vértice Columbretes, sin que fuera posible terminar la vuelta de horizonte, que quedó pendiente por la invisibilidad de los vértices localizados en Mallorca e Ibiza.

Al año siguiente, tuvo lugar un acontecimiento sobresaliente en la

(auxiliado por su hijo) en 1825.

<sup>16</sup> En efecto, Arago citaba en sus memorias que el acimut del lado Mola Camp-vey resultó ser de  $160^{\circ} 15' 40,48''$ . Téngase en cuenta que el origen de los acimutes en aquella época era el Sur.

<sup>17</sup> Futuro Director General del Instituto Geográfico y Estadístico (1901-1902), así como primer Jefe del Cuerpo de Ingenieros Geógrafos (Reglamento del año 1902).

historia de la geodesia, el enlace entre los continentes europeo y africano. Las claves del éxito estuvieron en la minuciosidad con que prepararon el proyecto Ibáñez y Perrier. Mención aparte merecen la amplitud de miras, el interés científico y las garantías de los dos gobiernos responsables: España y Francia<sup>18</sup>. La consiguiente demora en el enlace balear, se vería suplida por las modificaciones introducidas por Ibáñez, y que tan buenos frutos habían dado en los cuatro vértices que lo conformaron: Mulhacén, Tética de Bacares, M'Sabiha y Filhaussen. Las nuevas observaciones serían nocturnas, empleándose los proyectores de luz Magin, se suprimirían los lados Columbretes-Torrellas y Columbretes-Furnás, incorporándose en cambio los siguientes: de Montsiá a Torrellas, a Furnás y a Mongó, así como los de Desierto a Torrellas y a Furnás, completaba la lista el lado formado por ese último vértice y el de San Salvador.

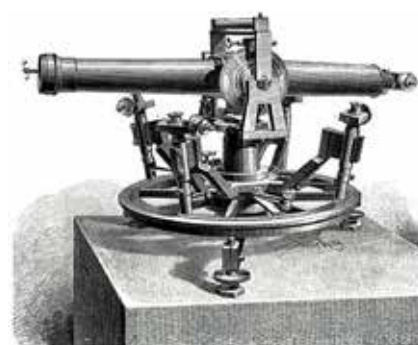
Con tales instrucciones partió López Puigcerver para su cuarta campaña, contando ahora con la colaboración del geodesta José Bellón de Arcos, en abril del año 1881. Desde el vértice Desierto se observaron las luces procedentes de Torrellas y Furnás, empleando en el primer caso una pila Bunsen de 60 y de 100 elementos, mientras que en el segundo se logró la emisión de luz gracias a un motor de vapor y a una máquina Gramme. También se observaron en Mongó las direcciones de Desierto y de Montsiá, en los cuales se colocaron pilas ideadas por Robert W. Bunsen (60). Los trabajos se dieron por finalizados en la primera quincena del mes de septiembre.

Dado que Ibáñez quería terminar de una vez el enlace balear, optó por constituir una brigada *ad hoc*, compuesta por los seis geodestas siguientes: el

<sup>18</sup> Debe tenerse en cuenta que en aquella época, Argelia era colonia francesa.

jefe Vicente López Puigcerver, Juan Borrés Segarra, Clodoaldo Piñal Rodríguez, Priamo Cebrián Yusti, Eduardo Mier Miura y José Bellón de Arcos. Para facilitarles su misión se les proporcionaron tres círculos acimutales. La campaña se inició en febrero de 1883 y concluyó a finales del mes de julio. Las observaciones acimutales se realizaron simultáneamente en los vértices Montsiá y Furnás. En el primero de ellos se completaron las direcciones a Torrellas y a Mongó, pudiéndose conseguir tan solo cuatro valores de la correspondiente al vértice Furnás. En ese vértice se completaron las mediciones relativas a Mola, Mongó y Desierto, a la vez que se obtuvieron ocho valores de la dirección que apuntaba a Montsiá. Asimismo, se ultimaron en Torrellas las direcciones de los vértices Desierto y Montsiá.

En el mes de octubre de ese mismo año, se inició la sexta campaña de Baleares, bajo la dirección de López Puigcerver, auxiliado por José Bellón. En Cabrera se observaron las direcciones definidas por Furnás, Torrellas y San



Instrumentos empleados en el enlace: 1) Círculo acimutal de Brunner y 2) Heliotropo inventado por Carl Friedrich Gauss y modificado en los talleres Brunner

Salvador, se completaron en Mola las relativas a Mongó y a Furnás, y se dieron por finalizados los trabajos de campo a finales de enero de 1884. La campaña con que se ultimó el enlace geodésico entre la costa levantina y las islas Baleares dio comienzo el 9 de septiembre y finalizó el 8 de enero de 1885. El jefe de la expedición fue de nuevo López Puigcerver, que ya había dirigido las seis anteriores con la colaboración de Bellón en tres de ellas. Con el auxilio de la luz eléctrica, se dio por buena la observación del lado Montsiá-Furnás y su recíproca,

al igual que sucedería con el lado Furnás-San Salvador. Las redes triangulares del enlace estuvieron pues formadas por diez vértices y veintiún lados, todos recíprocamente observados.

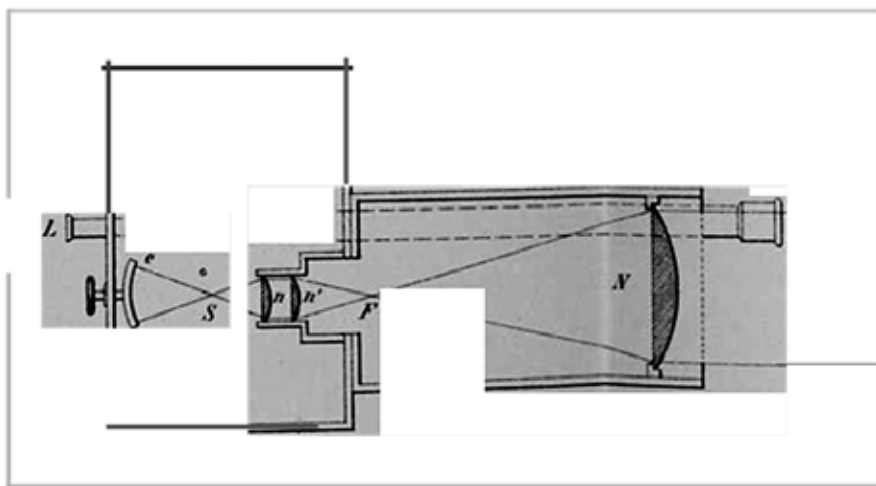
## Casuística geométrica

El núcleo científico y técnico de este trabajo se expuso en los tres capítulos que se indican a continuación: uno

dedicado al instrumental empleado y a la construcción de los vértices, otro en el que se detallaban las observaciones efectuadas en cada uno de ellos y un tercero en el que se efectuaba el cálculo y compensación de la red trigonométrica.

El prestigio de que gozaba el coronel Ibáñez e Ibáñez<sup>19</sup> de Ibero explica que el gobierno español facilitara el encargo, en 1859, de un gran teodolito reiterador a los talleres del celebrado instrumentista Brunner, el cual serviría de modelo para los que se adquirirían después, con vistas a la observación de la red geodésica peninsular, a la firma alemana que había sido fundada por el astrónomo Johann Georg Repsold. No obstante, se detallan en este capítulo las evidentes diferencias entre ambos modelos. «...el de Brunner tiene mayor el diámetro acimutal, la abertura del objetivo excede en doce milímetros a la del otro, la distancia focal es también más grande y el valor de una parte del tambor de los microscopios micrométricos es próximamente de 1", mientras en el de Repsold es de 2"».

Aparte de su mayor estabilidad, debida a su peso, Ibáñez se decantaba por el instrumento de Brunner, señalando sus dimensiones principales, en lo que atañía a la observación acimutal (única en la que fue empleado): «el círculo acimutal, dividido de 5 en 5 minutos, tiene 0,40 m de diámetro y se aprecian en él hasta las décimas de segundo por medio de cuatro microscopios micrométricos, cuya vuelta de los tambores vale un minuto, y la parte, dentro de la cual se evalúan las décimas, un segundo sexagesimal; el antejo, que es recodado en ángulo recto, tiene un objetivo de 52 mm de abertura y 640 mm de distancia focal y, con un ocular astronómico, produce una ampliación lineal de 35 veces, correspondiendo



Instrumentos empleados en el enlace: 1) Esquema del proyector ideado por el Mangin y 2) Gramme y su generador eléctrico.

<sup>19</sup> En ese mismo año se culminó la medida de la Base geodésica de Madridejos.

próximamente a 35" de amplitud el lado del cuadrado central formado por los hilos del retículo».

Las observaciones diurnas se vieron favorecidas por el empleo continuado de heliotropos, igualmente contruidos en los talleres Brunner, durante las campañas de los años 1867 y 1868, con la particularidad de haber aumentado, hasta los 10 cm, las dimensiones de los lados de los espejos. Estos heliotropos descansaban sobre pilares prismáticos de fábrica, apoyados en zócalos prismáticos con una altura de 1 m, sobre cuya cara superior recibía la tienda de observación. El vértice propiamente dicho quedaría materializado por una piedra, igualmente prismática, de 0m.08 de altura y cuya base cuadrada tenía un lado de 0,20 m; a efectos de una posible recuperación posterior, se incorporó como testigo un taladro central lleno de plomo.

En cuanto a las observaciones nocturnas, ya es sabido que los proyectores luminosos fueron imprescindibles para el buen término del repetido enlace. La memoria describe pormenorizadamente el reflector y el colimador óptico del coronel de ingenieros Thophile Manguin, construido por Bardou, instrumentos que propiciaron los haces luminosos, tanto eléctricos como de petróleo. Llama la atención que también pudiesen ser usados como heliotropos, aunque acto seguido se indique «desde luego puede asegurarse que, para distancias menores de 100 km, no hay señal que aventaje a la luz de petróleo, pues por su tamaño y fijeza se presta muy bien a la observación». También fueron descritas en este apartado las máquinas de vapor<sup>20</sup>, empleadas como motores de

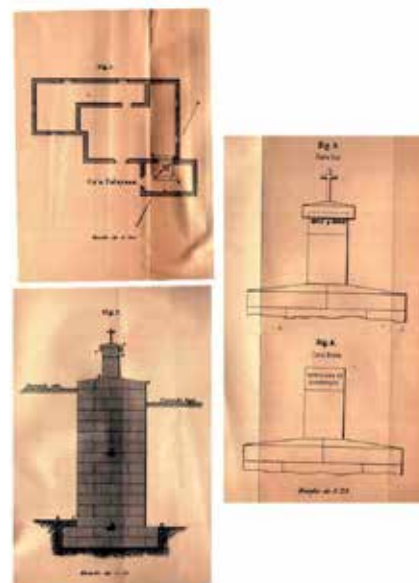
la del ingeniero belga Z. T. Gramme, «que trabajan a una presión de 5 atmósferas y desarrollan una fuerza de 3 caballos y medio nominales».

Al no coincidir los emplazamientos de los vértices geodésicos con los de la máquina de vapor, se tuvo que establecer una línea micro-telefónica que los ligase. Concluyó este capítulo primero reseñando las características de las máquinas magneto-eléctricas, que funcionaban «con una velocidad de patea de 900 a 1300 vueltas por minuto y absorben 1,25 caballos de vapor de fuerza [...] Las pilas fueron del sistema Bunsen, gran modelo, contando cada batería con 60 elementos, número aumentado hasta 100 en algunas ocasiones [...] una barraca construida con troncos de árboles y ramaje, cubierto su techo con telas impermeables, preservaba la instalación de los accidentes atmosféricos».

De entre los vértices que formaron parte del enlace geodésico, fue Mola el que mereció la especial atención de Carlos Ibáñez; no en vano se trataba del más austral de la red triangular que discurrió a lo largo del meridiano que lo unía con Dunkerque. Como sobre él ya habían observado, a comienzos de siglo, Arago y Biot, se comprende también el interés del geodesta español por recuperarlo a ciencia cierta. En este mismo capítulo se da cumplida cuenta de su proceder, ante las noticias de que la señal debía encontrarse en el interior de la vivienda de Bartolomé Mayans y Ferrer: «tuvo el Coronel Ibáñez la inmensa satisfacción de encontrar, a poca profundidad, la muela de molino que constituía la referencia del observatorio geodésico de 1807 y cuyo centro era, por tanto, el punto extremo del arco». La memoria se ilustra con una lámina en la que se ofrece la planta Ca'n Talayasa,

con la habitación en que se encontró el vértice Mola. Con la esperanza de que se hallasen tales restos, el mismo Ibáñez ya había comprado al propietario una superficie de 9 m<sup>2</sup>, asimismo dibujada con trazo discontinuo en la planta anterior.

El aspecto del vértice reconstruido, igualmente reflejado en la lámina, responde a la siguiente descripción: «en la vertical del extremo del arco se construyó de sillería, con la mayor precisión, la señal prismática de base cuadrada SS (fig. 1 y 2) con dos referencias interiores R y R' (fig. 2) y coronada por un pilar de observación, encima del cual y asegurada a una como caperuza pesada de piedra CC, se halla la cruz de 1808 que remata la señal. El pilar tiene en su losa



*El vértice geodésico Mola, en la Isla de Formentera: Fig. 1) Planta de la vivienda en que se hallaba (1868), con trazo discontinuo se marca la zona comprada por el Estado. La escala del original fue de 1/200. Fig. 2) Vista lateral del bloque prismático que soporta el pilar de observación, coronado por la cruz colocada por indicación del Obispo de Ibiza en el año 1808. La escala del original fue de 1/50. Fig. 3) Cara Sur del pilar de observación, coronado por la cruz; se grabaron los años 1807 y 1868. Fig. 4) Cara Norte del pilar de observación, en la que se grabó el nombre de Dunkerque. La escala del original fue de 1/25 en los dos casos.*

<sup>20</sup> No obstante es obligado reseñar que para la dirección Montsiá-Furnás, campaña de 1883, se usó otra más potente por las especiales condiciones del emplazamiento del vértice Montsiá; «dicha máquina, de

construcción inglesa, era vertical, tenía caldera tubular y desarrollaba una fuerza de 5 caballos nominales, trabajando a una presión de 4 atmósferas».

inferior, grabadas cuatro inscripciones: en la cara Sur (fig. 3) «1807 y 1868» años en que se comenzó la operación primera y en que se verificó la primera estación de la segunda; en la Este, «España»; en la Oeste «Mapa» y por último en la Norte «Meridiano de Dunkerque», que aparece en la figura 4 con el pilar en disposición de colocar el instrumento o el heliotropo para las observaciones. Consérvase todavía en la habitación en que descansa la señal y en un cuadro colocado al efecto, un certificado en que consta la toma de posesión del terreno, en nombre del Estado, así como la propiedad de la señal geodésica». La señal construida por Ibáñez tuvo una altura de 4,29 m, sobresaliendo de las azoteas, con el pilar de observación en su parte superior.

La importancia histórica del documento en cuestión, tan relevante a todas luces, aconseja su reproducción íntegra: «D. Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, individuo de número de la Real Academia de Ciencias Exactas, físicas y naturales, Coronel de Ingenieros y Jefe de la Comisión geodésica de Baleares, &. &. = certificado: que el día siete de Mayo de mil ochocientos sesenta y ocho tomé posesión, en nombre del Gobierno de S.

M. la Reina (que Dios guarde), de nueve metros cuadrados de terreno dentro de una casa en la Mola de Formentera y hacienda de Talayasa, perteneciente a Bartolomé Mayans y Ferrer, el cual había vendido al estado este solar con las debidas formalidades. Que También son propiedad del Estado, la torre cuadrada, el pilar con inscripciones y la Santa Cruz de hierro en que termina, así como una faja de cincuenta centímetros que, alrededor de la torre, completa los nueve metros de solar.= Y para que conste doy el presente en la Mola de Formentera a quince de Junio de mil ochocientos sesenta y ocho.= Carlos Ibáñez».

El texto de la memoria pierde rigor científico, y raya en cierto modo con la frivolidad, cuando se refiere a la sacralización del vértice Mola, un hecho lamentable pero que propició su conservación, al entender el propietario, del entorno circundante, que se trataba de un monumento religioso. Tan singular acontecimiento tuvo lugar a comienzos del siglo, coincidiendo con la estancia de Arago y con sus últimas observaciones en dicho vértice. Ibáñez incluyó en la memoria una copia literal de un certificado eclesiástico que aclaraba las actuaciones del Obispo de Ibiza y Formentera, el cual se reproduce a continuación: «Nos D. Rafael Oliver y Ribas Pbro. Dean, Gobernador Ecco y Vicario Capitular, sede vacante, del Obispado de Ibiza, Provincia de las Baleares &. &. = Hacemos saber. Que en el archivo de este Gobierno Ecco. Consta copia de un documento que a la letra es

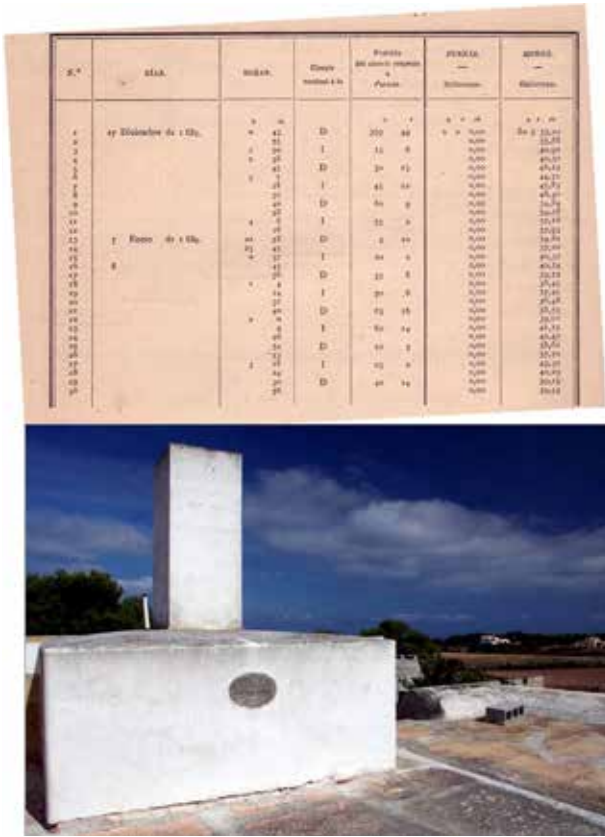
como sigue = «Don Blas Jacobo Beltrán, por la gracia de Dios y de la Santa Sede Apostólica Obispo de Ibiza, del Consejo de S.M. &c = Deseando promover, en quanto podemos, la devoción cristiana, y alentarla con especiales gracias, usando liberalmente de las facultades que nos competen, concedemos por las presentes quarenta días de Indulgencia a todos los fieles por cada vez que recen devotamente un Credo, ó un Padre nuestro delante de la Santa Cruz<sup>21</sup> colocada en Formentera, en el sitio del Observatorio Astronómico en el alto de la Mola; pidiendo a Dios por la exaltación de nuestra Santa fe Católica, extirpación de las herejías, paz y concordia entre los Príncipes Cristianos y conversión de pecadores. Dadas en el Palacio de Ibiza a 21 del mes de Marzo de 1808.= Blas Obispo de Ibiza y Formentera».

Animado por esa digresión de Carlos Ibáñez, me permito traer a colación otra anécdota protagonizada por Arago y el arzobispo de Valencia, un suceso tragicómico que fue recogido por el geodesta en su interesante obra póstuma *Histoire de ma jeunesse*, la cual fue brillantemente prologada por su gran amigo Alexander von Humboldt. Contaba Arago que fue recibido, junto a Biot y al cónsul de Francia, por el arzobispo, del que pretendían recabar su ayuda para solventar con mayor facilidad los impedimentos propios de sus futuros trabajos de campo. El arzobispo los trató muy amablemente, como manda la cortesía, y les prometió que haría las gestiones pertinentes. Pero hete aquí que en el momento de la despedida, cuando los acompañantes de Arago ya habían

<sup>21</sup> En la memoria del Instituto Geográfico y Estadístico se aclara que la cruz de hierro tenía una altura de 0,42 m y un trazo horizontal de 0,20 m; añadiendo que en 1868 todavía se leía, no sin dificultad, esta inscripción: «A So de D. Fco. Arago El lo-S- Dn Blas Jacobo Beltn concedió 40 días de indulgencias Re do un Credo-M <sup>20</sup>. A 22 año 1808». Parece como si la cruz se hubiese colocado con el beneplácito del astrónomo francés.

ESTACIONES.	OBSERVADORES.	INSTRUMENTOS USADOS.	AÑOS DE LA OBSERVACIÓN.
Maspó . . . 133	López Puigerver y Bellón	Teodolito de Brunner n.º 3 y círculo de Brunner n.º 2	1877 y 1881
Duierto . . . 159	López Puigerver y Bellón	Teodolito de Brunner n.º 3 y círculo de Brunner n.º 2	1877 y 1881
Montañá . . . 271	López Puigerver, Borrás y Mier	Teodolito de Brunner n.º 3 y círculo de Brunner n.º 1 y 3	1877, 1883 y 1884
Columbrestes . . . 286	López Puigerver	Teodolito de Brunner n.º 3	1878
Furnas . . . 287	Ibáñez, López Puigerver, Pidal y Bellón	Teodolito de Brunner n.º 3 y círculo de Brunner n.º 2	1868, 1883 y 1884
Mida . . . 288	López Puigerver y Bellón	Círculo de Brunner n.º 3	1883
Tortullas . . . 289	Ibáñez, López Puigerver y Bellón	Teodolito de Brunner n.º 3 y círculo de Brunner n.º 3	1867 y 1883
Ses Salvador . . . 290	Ibáñez y Bellón	Teodolito de Brunner n.º 3 y círculo de Brunner n.º 3	1867 y 1884
Cabrera . . . 291	López Puigerver y Bellón	Círculo de Brunner n.º 3	1883
Toro . . . 292	Ibáñez	Teodolito de Brunner n.º 3	1867





El vértice Mola en la Isla de Formentera. En la parte superior se presenta la ficha técnica del mismo, con las distancias angulares a los vértices Furnás y Mongó. La imagen fotográfica es actual, leyéndose en el pilar superior 1807 y 1868, en la inferior figura la placa elíptica que lo identifica como integrante de la Red Geodésica principal gestionada por el Instituto Geográfico Nacional.

rehusado besar el anillo que les ofreció el prelado y le tocaba a él, el franciscano<sup>22</sup> le dio un puñetazo en la boca, que años después era recordado por el científico con sentido del humor: «à l'instant où le poing serré del'archevêque s'applique sur mes lèvres, je songais encore aux belles expériences d'optique qu'il eût été possible de faire avec la magnifique Pierre qui ornait son anneau pastoral».

Encabeza el capítulo segundo una tabla resumen, reproducida junto a estas líneas, en la que figuran los diez vértices que formaron parte del enlace,

<sup>22</sup> El eclesiástico en cuestión fue Joaquín Company y Soler O.F.M. (Ordo Fratrum Minorum), el cual estuvo al frente de la diócesis entre los años 1800 y 1813.

con el número que los identificaba en la red geodésica nacional, junto a los observadores que estacionaron sobre ellos; asimismo se indicaron los instrumentos empleados en cada caso y los años de la observación.

Sin embargo, lo más sustancial del capítulo fueron las fichas técnicas, una para cada uno de los diez vértices, con las vueltas de horizonte observadas, que incluían las distancias angulares correspondientes, su número, fecha y hora en que se obtuvieron. De singular importancia fue la indicación del aditamento que hizo posible la materialización de cada dirección (heliotropo, eléctrica o ambas).

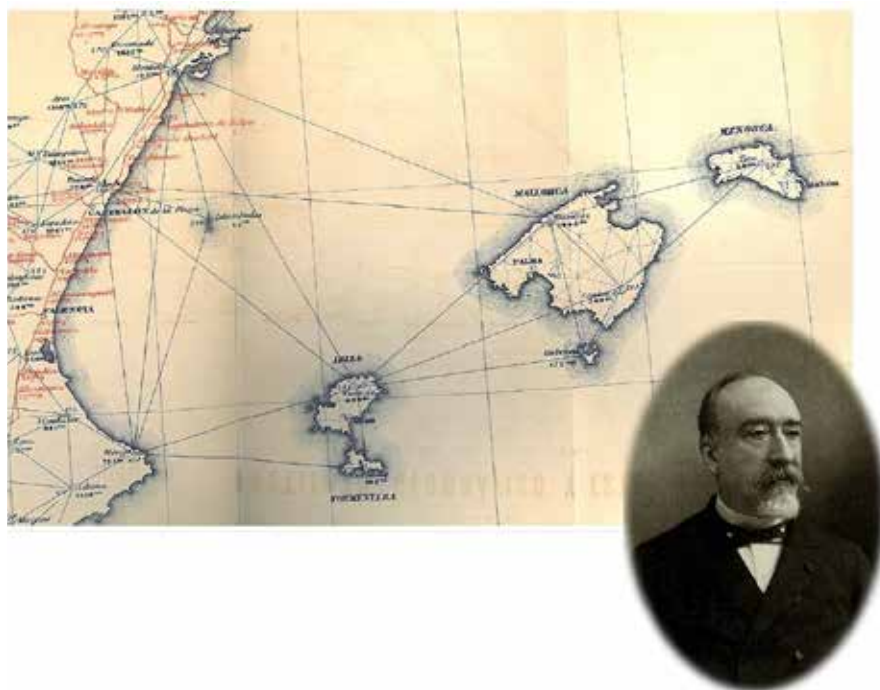
La ficha incluye una pormenorizada reseña del vértice en cuestión, con datos suficientes (en su caso) datos suficientes para el cálculo de la reducción al centro, los instrumentos empleados en la observación y los operadores responsables. En todas las estaciones se efectuaron los cálculos necesarios para determinar las direcciones más probables reducidas a los vértices, y se muestran los resultados pertinentes.

De los diez vértices, solo hubo dos en los que se hallaron restos de los primitivos emplazamientos usados por los geodestas a comienzos del siglo XIX: Desierto y Mola; así se desprende al menos de las reseñas correspondientes. En el primer caso se dice: «este vértice

formó parte de la cadena prolongación de la del meridiano de Dunkerque, medida por los franceses a principios de este siglo, por lo cual importaba conocer la precisa situación del antiguo vértice. Desgraciadamente no se pudo conseguir esto, si bien se reconoció perfectamente y sin ningún género de duda, el emplazamiento artificial de la barraca que contuvo los reverberos, comprobado además por un testigo ocular de aquella época, y por haber encontrado en el centro del emplazamiento la cabeza y regatón de hierro de un piqueta». Como es sabido, hubo más suerte con el vértice localizado en la Isla de Formentera, en el que observaron Arago, Biot y Chaix. La reseña del vértice menciona que sobre la losa superior del pilar «se colocó una tapa de piedra, en la que se halla asegurada la cruz de hierro colocada en 1808, y que contiene una inscripción relativa a las indulgencias concedidas por el Ilmo. Sr. Obispo de la Diócesis [...] El terreno ocupado por la señal, y además una faja alrededor de 0,50 m, son propiedad del Estado. La altitud de la referencia inferior, colocada al nivel del piso de la habitación más baja, es de 192 m. Su latitud y longitud aproximadas son de 38° 39'53" y 5° 13'20" Este».

En el último capítulo de este enlace geodésico se abordó el cálculo y compensación de la red triangular correspondiente, un problema matemático complejo y un tanto tedioso, que requería tanta habilidad como paciencia, máxime en una época en que faltaba casi un siglo para que se automatizase todo el proceso de datos, por el imparable desarrollo informático. El proceso de ajuste comenzó con la resolución de todos los triángulos y la consiguiente obtención del exceso esférico de cada uno de ellos. El procedimiento elegido para efectuar la compensación fue el clásico de los mínimos cuadrados, se plantearon 16 ecuaciones de condición, 12 de ángulo y 4 de lado, asociadas a los 10 vértices y

LOS VÉRTICES DEL ENLACE BALEAR (1867-1885) Y LAS DISTANCIAS ENTRE ELLOS.					
Estación	Vértice	Lado m.	Estación	Vértice	Lado m.
133. Mongó	159. Desierto	142620.377	287. Furnás	288. Mola	42911.667
	271. Montsiá	203933.514		133. Mongó	133320.792
	286. Columbretes	130837.752		159. Desierto	171589.586
	287. Furnás	123320.792		271. Montsiá	192830.146
159. Desierto	288. Mola	123232.366	288. Mola	289. Torrellas	138419.113
	271. Montsiá	72383.198		290. San Salvador	150979.775
	289. Torrellas	231140.490		291. Cabrera	121852.353
	286. Columbretes	59620.270		287. Furnás	429111.667
271. Montsiá	287. Furnás	171589.586	289. Torrellas	133. Mongó	123232.366
	133. Mongó	142620.377		290. San Salvador	51556.116
	159. Desierto	72383.198		291. Cabrera	74473.129
	133. Mongó	203933.514		287. Furnás	138419.113
	286. Columbretes	80383.212		159. Desierto	238140.490
286. Columbretes	287. Furnás	192830.146	290. San Salvador	271. Montsiá	212481.756
	289. Torrellas	212481.756		292. Toro	114561.121
	159. Desierto	59620.270		291. Cabrera	41557.369
	271. Montsiá	80283.212		287. Furnás	150979.775
291. Cabrera	133. Mongó	130837.752	292. Toro	289. Torrellas	51556.116
	290. San Salvador	41557.369		292. Toro	98923.148
	289. Torrellas	74473.129		290. San Salvador	98923.148
	287. Furnás	121852.353		289. Torrellas	114561.121



Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero y el enlace geodésico entre la costa peninsular y las Islas Baleares

a los 21 lados de que constaba dicha red. Los responsables de esta laboriosa tarea fueron Vicente López Puigcerver y José Bellón de Arcos.

Para resolver los triángulos geodésicos hubo que dar escala a la red. El lado elegido fue el formado por los vértices Montsiá y Desierto, cuya longitud se halló,

por tres vías diferentes, a partir de cada una de las siguientes bases: Madrideojos, Vich y Cartagena<sup>23</sup>. Los valores

<sup>23</sup> La primera medida con la regla de la Comisión del Mapa y las otras dos con la regla ideada por el propio Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero (también conocida como aparato de Ibáñez).

obtenidos fueron respectivamente de 72 382,757 m, 72 383,483 m y 72 383,087 m, adoptándose como definitivo el de 72383,198 m, media ponderada de los tres anteriores<sup>24</sup>. El capítulo incluyó, como colofón, un cuadro sinóptico en el que se recogieron los calores de todos y cada uno de los lados que partían de los 10 vértices involucrados en el enlace. Para su correcta interpretación, téngase en cuenta que la numeración de los vértices se corresponde con su identificación en la red geodésica nacional de primer orden, que la estación es el vértice central del polígono geodésico y que el orden de los vértices coincide con el elegido al efectuar la vuelta de horizonte.

## Epílogo

Sabiendo ya que el vértice geodésico Mola fue uno de los extremos del arco de meridiano, medido con anterioridad a la operación comandada por Ibáñez de Ibero, resulta coherente su decisión de convertirlo en estación astronómica para determinar su latitud y el acimut del lado que lo unía con Furnás, otro vértice localizado en la Isla de Ibiza. El responsable de tales trabajos fue el Capitán de Ingenieros Juan Borrés y Segarra, tal como se detalla en el Tomo VI de las Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico. Parte Sexta. Resumen de las observaciones y cálculos relativos a la latitud de Mola y al acimut de Mola-Furnás. pp. 91-217. Los trabajos de campo se llevaron a cabo entre el 28 de septiembre y el 15 de diciembre del año 1884. Los resultados obtenidos tras los cálculos fueron los siguientes:

$$\text{Latitud.....}\phi = 38^{\circ} 39' 53,988'' \pm 0,054''$$

El valor anterior fue el promedio ponderado de los hallados por

<sup>24</sup> Los pesos se fijaron en razón inversa al número de triángulos resueltos, desde las bases en cuestión al lado referido.

observaciones en el meridiano (círculo de Brunner) y en el primer vertical (anteojo de pasos de Repsold). No obstante se prefirió redondearlo, atendiendo a esta explicación: «Esto, bien entendido, por referencia al centro del pilar de observación, lo mismo con un instrumento que con otro: centro situado a 10,175 m al Oriente del verdadero vértice geodésico Mola, pero casi en el mismo paralelo de latitud, o contados aquellos metros sobre una línea cuyo acimut era de  $90^{\circ} 3' 27''$ . A este acimut no corresponde corrección alguna sensible que deba ser aplicada al valor para deducir de esta cantidad el referente al vértice geodésico». De manera que, finalmente, y en prudentes o no exagerados términos:

$$\phi = 38^{\circ} 39' 54,0'' \pm 0,05''$$

Dos fueron los procedimientos usados para calcular el acimut astronómico, por observaciones extrameridianas y por medio de una marca auxiliar meridiana, localizada al Este de Furnás. En el primer caso se empleó el teodolito Repsold, al igual que en ocasiones anteriores, mientras que para el segundo fueron necesarios el círculo meridiano de Brunner y un colimador de Mangin. Como los errores probables relativos a los dos resultados fueron iguales, se dedujo, tras asignarle igual peso, el valor medio siguiente:  $177^{\circ} 39' 16,8'' \pm 0,081''$ , contado desde el Sur y en sentido retrógrado, o bien  $357^{\circ} 39' 16,8'' \pm 0,081''$  a partir del Norte y en el mismo sentido horario.

Ibáñez hizo una interesante aproximación histórica a propósito de la determinación de la latitud de Mola, recogida en el prólogo del referido tomo de las memorias del Instituto Geográfico. La latitud se halló en los años 1808, 1825 y 1884. El primer valor fue hallado por Arago y Biot, el segundo por Biot, acompañado de su hijo, y el tercero fue debido a Borrés. Pero como en la memoria que publicó al efecto Biot, desecha, fundándose en sólidas razones, las observaciones efectuadas por

Latitudes del Vértice geodésico Mola (Isla de Formentera)		
Año	Operador	Valores
1808	Arago	$38^{\circ} 39' 55''.530$
1825	Biot	$53''.172$
1884	Borrés	En el meridiano $38^{\circ} 39' 54''.055 \pm 0''.069$
		En el primer vertical $38^{\circ} 39' 53''.887 \pm 0''.085$

él mismo en 1808, y dice terminantemente que sólo las de Arago deben entrar en el cálculo. A éste último astrónomo corresponde la primera determinación de la latitud de Mola. Repetida la operación por Biot diecisiete años más tarde, obtuvo un valor inferior al anterior en más de dos segundos, y ha resultado de los recientes trabajos del Sr. Borrés, hechos a una distancia de cincuenta y nueve años de la segunda determinación, un valor que, aunque intermedio de los dos anteriores, no difiere del segundo más que en  $0,8''$ , a pesar del largo tiempo transcurrido y de los adelantamientos alcanzados desde entonces en la construcción de

los instrumentos y en los métodos de observación... se obtiene la interesante comparación que aparece en las siguientes cifras. Véase la Tabla 2.

De hecho Ibáñez no dio por concluido el enlace hasta que finalizaron los trabajos astronómicos «del importantísimo vértice La Mola de Formentera y la medición del acimut, en el mismo punto, de una de las direcciones que en él concurren». Sirvan de colofón las propias palabras del artífice del principal del proyecto, en noviembre de 1886: «...no obstante de la diversidad de épocas, de observadores, de instrumentos y de señales, el resultado de la operación ha sido por todo extremo satisfactorio».



*Dos detalles geográficos que homenajean a François Arago. El rectangular es parte de la meridiana del Castillo de Bellver (Mallorca), donde estuvo retenido Arago. El circular es uno de los 135 medallones de bronce, colocados en París, con los que se replanteó parcialmente el meridiano de Dunkerque en el año 2000. La iniciativa del gobierno francés fue parte del proyecto Meridiano Verde, con el que se pretendió conmemorar la llegada del nuevo milenio, plantando árboles entre esa ciudad y Prats de Mollo (Departamento de los Pirineos orientales).*

## 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 arábicas (1. Título apartado; 1.1. Título apartado; 1.1.1. Título apartado). La utilización de unidades de medida debe seguir la normativa del Sistema Internacional.

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

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

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

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

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

- **Conclusiones:** puede realizarse una numeración de las conclusiones o una recapitulación breve del contenido del artículo, con las contribuciones más importantes y posibles aplicaciones. No se trata de aportar nuevas ideas que no aparecen en apartados anteriores, sino recopilar lo indicado en los apartados de resultados y discusión.
- **Agradecimientos:** se recomienda a los autores indicar de forma explícita la fuente de financiación de la investigación. También se debe agradecer la colaboración de personas que hayan contribuido de forma sustancial al estudio, pero que no lleguen a tener la calificación de autor.
- **Bibliografía:** debe reducirse a la indispensable que tenga relación directa con el trabajo y que sean recientes, preferentemente que no sean superiores a 10 años, salvo que tengan una relevancia histórica o que ese trabajo o el autor del mismo sean un referente en ese campo. Deben evitarse los comentarios extensos sobre las referencias mencionadas.

Para citar fuentes bibliográficas en el texto y para elaborar la lista de referencias se debe utilizar el formato APA (*American Psychological Association*). Se debe indicar el DOI (*Digital Object Identifier*) de cada referencia si lo tuviera. Utilizar como modelo el documento «**Como citar bibliografía**» incluido en la web de la revista. La exactitud de las referencias bibliográficas es responsabilidad del autor.

- **Curriculum:** se debe incluir un breve Currículum de cada uno de los autores lo más relacionado con el artículo presentado y con una extensión máxima de 200 palabras.

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

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

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

#### 4. Envío

Los trabajos originales se deben remitir preferentemente a través de la página web <http://www.revistamapping.com> en el apartado «OJS», o mediante correo electrónico a [info@revistamapping.com](mailto:info@revistamapping.com). El formato de los ficheros 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 2023 (6 números por año) Prices year 2023 (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 2023 (6 números por año) en formato DIGITAL y enviado por correo electrónico / Prices year 2023 (6 issues per year)

**NÚMEROS SUELTOS / SEPARATE ISSUES:**

- Internacional / International : 8€

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

### Forma de pago / Payment:

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

**2100-1578-31-0200249757**

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

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

### Distribución y venta / Distribution and sale:

Departamento de Publicaciones de eGeoMapping S.L.

C/ Arrastaria 21. 28022-Madrid

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

e-mail: [info@revistamapping.com](mailto:info@revistamapping.com)

[www.revistamapping.com](http://www.revistamapping.com)

Firma \_\_\_\_\_

# CONTIGO TODO EL CAMINO



PLANIFICACIÓN > PROSPECCIÓN > DISEÑO > ORGANIZACIÓN > EJECUCIÓN > INSPECCIÓN

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

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

[topconpositioning.com/es-es/insights](https://topconpositioning.com/es-es/insights)

MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA  
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL  
O. A. CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

www.ign.es

# cartografía digital



CENTRO DE DESCARGAS DE DATOS  
<https://centrodedescargas.cnig.es>

Base Cartográfica Numérica (BCN 1000, 200, 50, 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.

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



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD  
Y AGENDA URBANA

INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
NACIONAL

