

# **Actas de las VI Jornadas ScienCity 2023**

## **Fomento de la Cultura Científica, Tecnológica y de Innovación en Ciudades Inteligentes**

Editores:

José Manuel Lozano Domínguez, Estefanía Cortés Ancos, Manuel J. Redondo González, Tomás de J.  
Mateo Sanguino, Iñaki J. Fernández de Viana González, Miguel Ángel Rodríguez Román

Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Huelva

***Universidad de Huelva***

Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSI)

Campus de El Carmen

Huelva, España

Tel: (+34) 959 217316

<https://www.uhu.es/etsi/>

Copyright © 2024 Universidad de Huelva

Todos los derechos reservados

ISBN: 979-8326547798

Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, así como la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o venta fuera de los canales comerciales establecidos por el editor/es sin la autorización de los propietarios del Copyright.





## I. Resúmenes

Smart University. Plataforma Colaborativa para la Explotación de Datos .....	1
<i>J. V. Berná Martínez</i>	
Ciudades Inteligentes como Ciudades Integradoras: Retos y Limitaciones Desde una Perspectiva Jurídica .....	1
<i>M. Mora Ruiz</i>	
De la Ciudad Inteligente al Destino Turístico .....	1
<i>L. Andrades Caldito</i>	
Chatbots in Language Education: Enhancing Emotional Comfort and Skill Development .....	2
<i>A.I. Cislowska, B. Peña Acuña</i>	
Tecnología Inmersiva Aplicada a la Educación a Distancia e Híbrida .....	2
<i>B. Peña Acuña</i>	
Resolución de Dudas Técnicas en Redes Sociales, el Caso de Telegram. Comunidades Tecnológicas y Metacomunidades .....	2
<i>A. García Jurado-Centurión</i>	
Recycled Power from Clay Bricks and a Reusable Biopolymer as Components of Hybrid Mats for Oil Structuring Applications .....	3
<i>M. A. Martín-Alfonso, J. F. Rubio-Valle, J.E. Martín-Alfonso</i>	
Valoración de Aceites de Fritura Usados como Bases Lubricantes Sostenibles .....	3
<i>S. D. Fernández-Silva, M. García-Pérez, C. Roman, M. García-Morales, M.A. Delgado-Canto</i>	
Nuevos Dispositivos Inteligentes para una Movilidad más Sostenible .....	4
<i>C. García Álvarez</i>	
Consciencia en Cuerpos Mecatrónicos .....	4
<i>V. F. Muñoz Martínez</i>	
Uso de Ingeniería Kansei y de Métodos de Decisión Multicriterio para el Diseño de Vehículos Eléctricos .....	4
<i>R. Nuñez Romero, Á. I. Mena Nieto</i>	
Uso de Métodos de Decisión Multicriterio en la Gestión de Proyectos de Energías Renovables .....	5
<i>J. A. Hernández Torres, J. Clavijo Camacho, J. P. Torreglosa, M. R. Sánchez Herrera</i>	
Retos en el Control Electro-Activo de la Lubricación Mediante Biolubricantes Inteligentes .....	5
<i>M. García Pérez, S. D. Fernández Silva, M. A. Delgado Canto, C. Roman, M. García Morales</i>	
Navegando el Infierno Dantesco de los Datos .....	6
<i>R. Castilla Bravo</i>	
El Papel Crucial de la Privacidad: Evaluación de las Políticas de Datos de Plataformas PayTech .....	6
<i>V. Cruz-Viejo, D. Perea</i>	
The Influence of the Energy Management System on the Economic, Environmental and Profitability Impact of a Hydrogen Based Microgrid .....	7
<i>J. Rey, C. Delgado, F. Segura Manzano, J. M. Andújar Márquez</i>	
Ajuste de las Dimensiones de Intercambiadores de Calor Enterrados de Manera Horizontal en Instalaciones de Energía Geotérmica de Muy Baja Entalpía .....	8
<i>J. del Pino Fernández, D. Ruiz Castilla, M. A. Martínez Bohórquez, J. M. Enríquez Gómez, J. M. Andújar Márquez</i>	
Improving The Reliability Of An Electrical Distribution System Through Reconfiguration From Probabilistic Approach .....	8
<i>J. Clavijo Camacho, F. J. Ruiz-Rodríguez, R. Sánchez Herrera, J. A. Hernández Torres</i>	
Emulsiones No Acuosas como Nuevos Fluidos Caloportadores con Elevada Capacidad de Almacenamiento de Energía .....	8
<i>B. Delgado-Sánchez, P. Partal, F. J. Navarro Domínguez</i>	
Funciones de Probabilidad de Precipitaciones en el Diagnóstico de la Colmatación de Embalses: Gumel tipo I versus Log-Pearson III .....	9
<i>R. Montes Pajuelo, Á. M. Rodríguez Pérez, C. A. Rodríguez González</i>	

Aplicación de la Inteligencia Artificial para la Predicción y el Control den las Instalaciones del Ciclo Integral del Agua .....	10
<i>Á. F. Pulido Moreno, C. Parralejo</i>	
¿Cómo Medir y Comparar la Ecoeficiencia y la Sostenibilidad de las Políticas Energéticas y Medioambientales de la Lucha Contra el Calentamiento Global? .....	10
<i>J. A. Delgado-Fernández, A. Lopa-Santana, A. I. Mena-Nieto</i>	
Ensayo in Vitro Sobre la Eficacia de Fungicidas contra <i>Phytophthora Cinnamomi</i> .....	11
<i>M. L. Fernández García, R. Tapias Martín, M. Fernández Martínez, A. Quevedo Díaz</i>	
Como Crecen las Raíces en Encina y Alcornoque. Efecto de la Sequía y Enfermedades .....	12
<i>A. Quevedo Díaz, M. L. Fernández García, C. Romero Forte, M. Fernández Martínez, A. Solla Hach, R. Tapias Martín</i>	
Posos de Café como Recurso Energético: Valorización de Residuos en las Cafeterías del Campus de la Universidad de Huelva .....	12
<i>J. M. Loaiza, A. Palma, W. Villareal</i>	
Green Hydrogen: Current Legal Status Worldwide .....	13
<i>J. Rey, C. Delgado, F. Segura Manzano, J. M. Andújar Márquez</i>	
Propuestas para una Gestión Integrada del Riesgo de Sequías en la Cuenca del Guadalquivir .....	14
<i>I. Judas Cruz, I. Pulido Calvo, J. C. Gutiérrez Estrada</i>	
Necesidad de Zonas Verdes del Ciudadano en el Medio Urbano .....	14
<i>J. A. González Duque, M. De Moya Alfonso</i>	
Recursos Tecnológicos, Ensino da Matemática e Geração Alpha .....	15
<i>C. Días, C. Santos, I. Borges</i>	
Oleogeles de nanofibras de celulosa a partir de materias primas renovables: una oportunidad para valorizar la biomasa agrícola y forestal a través de una lubricación sostenible .....	15
<i>C. Roman, M. A. Delgado Canto, S. D. Fernández Silva, M. García Pérez, M. García Morales</i>	
Contributo de um MOOC para a promoção da Literacia Estatística .....	16
<i>C. Santos, C. Dias</i>	
Teleasistencia Médica Monitoreo de Pacientes .....	16
<i>D. Pardo Garrido, L. Rivera, I. Rodríguez Pardo</i>	
Inteligencia Artificial para Cuidar y Acompañar a Mayores .....	17
<i>D. Pardo Garrido, L. Rivera, I. Rodríguez Pardo</i>	
An Anhydrous Phase Change Material Emulsion Stabilized by Hydrophobized Fumed Silica for Thermal Energy Storage Applications .....	17
<i>S. Sanabria, C. Delgado-Sánchez, F. J. Navarro Domínguez</i>	
Energy Storage: The Big Challenge for Lubricants .....	17
<i>E. Cortés-Triviño, A. Tenorio-Alfonso, C. Delgado-Sánchez, F. J. Navarro Domínguez</i>	
OliBoTIC: Autonomous Remote Sensing Applied to Olive Tree Status Assessment .....	18
<i>M. Noguera, B. Millán Prior, R. Moro, J. M. Andújar Márquez</i>	
OliBoTIC: A Robotic Platform for Autonomous and Remote Sensing Applied to Olive Growing .....	19
<i>R. Moro Borja Millán Prior, M. Noguera, J. M. Andújar Márquez</i>	
Oleogels Developed with Cellulose Acetate/Silica Hybrid Nanocomposites .....	20
<i>M. Toro, C. Valencia, M.C. Sánchez, J.E. Martín-Alfonso, J.M. Franco</i>	
Determinación del Procedimiento Adecuado para la Salinización y Desobstrucción de las Vías Venosas Periféricas para la Administración de Fluidoterapia Parental .....	20
<i>J. M. Robles Romero, P. Partal López, M. Romero Martínez, F. Mena Navarro</i>	
A Importância da Realização de Simulacros para a Saúde, Bem-estar e Segurança dos Trabalhadores: Evacuação de um Edifício com Crianças com Menos de 3 Anos – uma Responsabilidade Acerscida ...	21
<i>J. Serrano, A. Dias, C. Santos</i>	
Análisis de reseñas de apps de transportes públicos: un caso de ciudades andaluzas .....	22
<i>R. Hernández Garrido, D. Perea, C. Pérez Calañas</i>	

## II. Ponencias

### Administración | Turismo Inteligente | Educación a Distancia

Ciudades Inteligentes como Ciudades Integradoras: Retos y Limitaciones Desde una Perspectiva Jurídica .....	23
<i>M. Mora Ruiz</i>	
De la Ciudad Inteligente al Destino Turístico .....	25
<i>L. Andrades Caldito</i>	
Tecnología Inmersiva Aplicada a la Educación a Distancia e Híbrida .....	28
<i>B. Peña Acuña</i>	

### Industria 4.0 | Economía

Recycled Power from Clay Bricks and a Reusable Biopolymer as Components of Hybrid Mats for Oil Structuring Applications .....	31
<i>M. A. Martín-Alfonso, J. F. Rubio-Valle, J.E. Martín-Alfonso</i>	
Uso de Métodos de Decisión Multicriterio en la Gestión de Proyectos de Energías Renovables .....	34
<i>J. A. Hernández Torres, J. Clavijo Camacho, J. P. Torreglosa, M. R. Sánchez Herrera</i>	
El Papel Crucial de la Privacidad: Evaluación de las Políticas de Datos de Plataformas PayTech .....	38
<i>V. Cruz-Viejo, D. Perea</i>	

### Energías Renovables | Medio Ambiente | Infraestructuras Inteligentes

The Influence of the Energy Management System on the Economic, Environmental and Profitability Impact of a Hydrogen Based Microgrid .....	41
<i>J. Rey, C. Delgado, F. Segura Manzano, J. M. Andújar Márquez</i>	
Ajuste de las Dimensiones de Intercambiadores de Calor Enterrados de Manera Horizontal en Instalaciones de Energía Geotérmica de Muy Baja Entalpía .....	45
<i>J. del Pino Fernández, D. Ruiz Castilla, M. A. Martínez Bohórquez, J. M. Enríquez Gómez, J. M. Andújar Márquez</i>	
Improving The Reliability Of An Electrical Distribution System Through Reconfiguration From Probabilistic Approach .....	51
<i>J. Clavijo Camacho, F. J. Ruiz-Rodríguez, R. Sánchez Herrera, J. A. Hernández Torres</i>	
Funciones de Probabilidad de Precipitaciones en el Diagnóstico de la Colmatación de Embalses: Gumel tipo I versus Log-Pearson III .....	55
<i>R. Montes Pajuelo, Á. M. Rodríguez Pérez, C. A. Rodríguez González</i>	
Aplicación de la Inteligencia Artificial para la Predicción y el Control den las Instalaciones del Ciclo Integral del Agua .....	60
<i>Á. F. Pulido Moreno, C. Parralejo</i>	

## III. Pósteres

Ensayo in Vitro Sobre la Eficacia de Fungicidas contra <i>Phytophthora Cinnamomi</i> .....	65
<i>M. L. Fernández García, R. Tapias Martín, M. Fernández Martínez, A. Quevedo Díaz</i>	
Como Crecen las Raíces en Encina y Alcornoque. Efecto de la Sequía y Enfermedades .....	68
<i>A. Quevedo Díaz, M. L. Fernández García, C. Romero Forte, M. Fernández Martínez, A. Solla Hach, R. Tapias Martín</i>	
Green Hydrogen: Current Legal Status Worldwide .....	71
<i>J. Rey, C. Delgado, F. Segura Manzano, J. M. Andújar Márquez</i>	
Necesidad de Zonas Verdes del Ciudadano en el Medio Urbano .....	74
<i>J. A. González Duque, M. De Moya Alfonso</i>	
Recursos Tecnológicos, Ensino da Matemática e Geração Alpha .....	79
<i>C. Días, C. Santos, I. Borges</i>	
Contributo de um MOOC para a promoção da Literacia Estatística .....	84
<i>C. Santos, C. Dias</i>	

OliBoTIC: Autonomous Remote Sensing Applied to Olive Tree Status Assessment .....	88
<i>M. Noguera, B. Millán Prior, R. Moro, J. M. Andújar Márquez</i>	
OliBoTIC: A Robotic Platform for Autonomous and Remote Sensing Applied to Olive Growing .....	91
<i>R. Moro Borja Millán Prior, M. Noguera, J. M. Andújar Márquez</i>	
Análisis de reseñas de apps de transportes públicos: un caso de ciudades andaluzas .....	94
<i>R. Hernández Garrido, D. Perea, C. Pérez Calañas</i>	

## Mensaje de Bienvenida

ScienCity es una actividad que viene siendo continuada desde 2018 con el objetivo de dar a conocer los conocimientos y tecnologías emergentes que están siendo investigados en las universidades, informar de experiencias, servicios e iniciativas puestas ya en marcha por instituciones y empresas, llegar hasta decisores políticos que podrían crear sinergias, incentivar la creación de ideas y posibilidades de desarrollo conjuntas, implicar y provocar la participación ciudadana, así como gestar una red internacional multidisciplinar de investigadores que garantice la continuación de futuras ediciones.

ScienCity ha servido para que universidades, ayuntamientos, organismos públicos y empresas privadas tomen contacto por primera vez en este ámbito. En 2018 participaron más de 20 expertos de 17 instituciones de la Eurorregión Alentejo-Algarve-Andalucía durante una semana. En 2019 la participación aumentó a 32 expertos de 21 instituciones de España y Portugal durante 3 días mediante ponencias, una sesión de pósteres, un taller de programación en Android y un concurso de IDEAS para jóvenes. En 2020 se ha seguido el formato de actividades y se han presentado un total de 40 trabajos de 63 autores pertenecientes a 30 instituciones públicas y privadas de España, Portugal, Brasil, Italia, Chipre, Francia, Polonia y Reino Unido. Durante 2021 han asistido 40 participantes de distintos rincones de España, Portugal, Méjico, Costa Rica, Italia y Polonia con 31 ponencias, 8 pósteres, 1 taller, 8 vehículos eléctricos e híbridos, así como 8 propuestas para el concurso de ideas. En 2022 se recibieron un total de 48 trabajos repartidos en 25 ponencias y 24 pósteres pertenecientes a 98 autores de 14 instituciones distintas de España, Portugal, Polonia y Países Bajos. En 2023 se recibieron un total de 40 trabajos repartidos en 19 ponencias y 21 pósteres pertenecientes a 65 autores y autoras de 27 instituciones distintas de España y 2 instituciones distintas de Portugal.

## ScienCity 2023

### Comité Organizador Local

Dr. José Manuel Lozano Domínguez, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dña. Estefanía Cortés Ancos, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dr. Manuel J. Redondo González, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dr. Iñaki J. Fernández de Viana González, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dña. Eva María Vidakovic Mercader, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dra. Clara Delgado Sánchez, *Universidad de Huelva (UHU)*

### Comité Científico Internacional

Dr. José Manuel Lozano Domínguez, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dña. Estefanía Cortés Ancos, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dr. Manuel J. Redondo González, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dra. Francisca Segura Manzano, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dr. Tomás de J. Mateo Sanguino, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dr. Ángel I. Mena Nieto, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dr. Fernando Gómez Bravo, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dr. Francisco José Moreno Velo, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dr. Alejandro Pérez Vallés, *Universidad de Huelva (UHU)*

### Comité de Relaciones Empresariales

Dr. José Manuel Lozano Domínguez, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dña. Estefanía Cortés Ancos, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dr. Manuel J. Redondo González, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dr. Miguel Ángel Rodríguez Román, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dr. Francisco Javier Navarro Domínguez, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dr. Juan Carlos Fortes Garrido, *Universidad de Huelva (UHU)*  
Dra. Gloria López Pantoja, *Universidad de Huelva (UHU)*

## **Patrocinadores de ScienCity 2023**

Estrategia de Política de Investigación y Transferencia de la Universidad de Huelva  
Cátedra de Innovación Social de Aguas de Huelva de la Universidad de Huelva  
Cátedra de la Provincia de la Universidad de Huelva  
Cátedra Gabitel sobre el Hidrógeno de la Universidad de Huelva  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería (Universidad de Huelva)  
Departamento de Ingeniería Electrónica, de Sistemas Informáticos y Automática (Universidad de Huelva)  
Departamento de Tecnologías de la Información (Universidad de Huelva)  
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Térmica, de Diseño y Proyectos (Universidad de Huelva)  
Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Ciencia de los Materiales (Universidad de Huelva)  
Departamento de Ciencias Agroforestales (Universidad de Huelva)  
Departamento de Ingeniería Minera, Mecánica, Energética y de la Construcción (Universidad de Huelva)  
Grupo de investigación TEP-192 de Control y Robótica  
Centro de Investigación en Tecnología, Energía y Sostenibilidad (CITES)  
Grupo de Investigación TIC-266 de Robótica y Electrónica Inteligentes  
Grupo de Investigación TEP-952 de Sistemas de Visión, Predicción, Optimización y Control



## Smart University. Plataforma colaborativa para la explotación de datos

José Vicente Berná Martínez

Profesor Contratado Doctor en la Universidad de Alicante.

**Resumen:** Desde 2014, en la Universidad de Alicante hemos desarrollado el proyecto Smart University. Este proyecto consiste en la creación e implantación de una plataforma Smart City a través de la cual concentrar todos los datos sobre sensorización del campus para su explotación, y así facilitar la toma de decisión a través de datos en tiempo real. En 2022 y a través de los fondos Next Generation, este proyecto se transformó en una nueva plataforma en la que participan por ahora 9 universidades públicas españolas, y está abierta a que participen muchas más universidades y cualquier entidad en general. Este nuevo sistema ha sido diseñado con una arquitectura interna especialmente concebida para soportar la utilización de técnicas de IA en tiempo real y la adquisición de datos masivos. La plataforma soporta la ingesta de datos desde múltiples fuentes como consumo energético, consumo de agua, producción fotovoltaica, sensorización de espacios, estado y uso de infraestructuras WIFI o postes de recarga para vehículos eléctricos. Estos datos se agrupan en colecciones a las que cualquier usuario autorizado puede acceder para su visualización a través de paneles gráficos y mapas 3D donde se geolocaliza el dato en tiempo real. La potencia de la plataforma reside en que a los datos que están siendo ingestados se les puede aplicar procesos de enriquecimiento de datos y análisis de datos en tiempo real, generando nuevos flujos de datos con por ejemplo predicciones, geolocalización o filtros avanzados. La plataforma ha sido concebida para poder ser explotada por toda la comunidad, si necesidad de ser experto en el tratamiento de datos. Los investigadores de las universidades también pueden utilizar la plataforma para publicar los datos de sus trabajos al tiempo que están siendo generados, pudiendo así explotarlos desde el instante de su génesis. La plataforma permite compartir datos con otros usuarios para que así investigadores u organizaciones puedan colaborar entre sí, o convertirlos en repositorios públicos para adjuntarlos en las publicaciones. Por último, también ofrece la integración a través de OPEN API con otras herramientas. Actualmente en la plataforma se adquieren más de 50 millones de datos diarios, ha recibido varios premios a la innovación y a través de ellas ya se han ejecutado proyectos de investigación y logrados diversas

publicaciones científicas, lo cual demuestra su gran utilidad para la comunidad universitaria y científica en general.

## Ciudades inteligentes como ciudades integradoras: retos y limitaciones desde una perspectiva jurídica

Manuela Mora Ruiz

Prof<sup>a</sup> Titular de Derecho Administrativo – Universidad de Huelva.

**Resumen:** Las Ciudades Inteligentes constituyen una referencia ordenadora de lo urbano con capacidad para repensar la administración local y la necesidad de garantizar ciertos estándares de calidad de vida de la ciudadanía. No obstante, conceptuada o, con mejor criterio, reducida la Ciudad Inteligente al uso de la tecnología, se trata de una construcción que puede resultar insuficiente ante los numerosos retos socio-ecológicos que deben atender los núcleos urbanos en el contexto actual de emergencia climática.

Sobre estas premisas, la comunicación que se presenta pretende abordar los elementos necesarios e irrenunciables de construcción de las Smart Cities desde un punto de vista socio-jurídico, teniendo en cuenta que el desarrollo urbano precisa trascender la tecnología y que la Ciudad Inteligente constituye un punto de referencia para articular el fenómeno urbano de forma alternativa, en torno a la idea de ciudad integradora, con propuestas de evolución de la Administración Local en clave de gobernanza.

## De la Ciudad Inteligente al Destino Turístico Inteligente

Lidia Andrades Caldito

Profesora Titular de Universidad, Facultad Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Extremadura.

**Resumen:** Se presenta el Modelo de Gestión Estratégica Turística Inteligente diseñado por SEGITTUR (Sociedad Estatal - Secretaría de Turismo - Gobierno de España). La idea de “Destino Turístico Inteligente” (DTI) supone una ampliación del concepto de “Smart City” porque (1) la demarcación territorial/espacial del destino turístico puede diferir de la circunscripción de la ciudad; (2) el DTI persigue atender no solo las necesidades de los residentes,

sino también de los turistas. Normativamente, tanto los DTI como las *Smart cities* dependen del Comité Técnico de Estandarización CTN178. La normalización de los DTI se encuentra en proceso de desarrollo, habiéndose publicado la UNE178501 a la 178509 y la 178511. Estas normas despliegan aspectos contemplados en los distintos ejes en los que se vertebran los DTIs se: Innovación, Tecnología, Gobernanza, Sostenibilidad y Accesibilidad. Los DTI utilizan la tecnología y la innovación como herramientas para mejorar la gobernanza, sostenibilidad y accesibilidad de los destinos.

### **Chatbots in Language Education: Enhancing emotional Comfort and Skill Development**

Anna Izabela Cisłowska, Beatriz Peña Acuña

Universidad de Huelva, Facultad de Humanidades.

**Abstract:** In recent years, Computer Assisted Language Learning (CALL) has become an increasingly prevalent trend in language education and the topic of using artificial intelligence, especially chatbots, as potentially useful tools in the process of learning foreign languages is currently a popular topic of many studies. The following article aims to approach the topic of using a chatbot in the language learning process in order not only to develop key skills such as Writing, Reading, Listening and Speaking, but also to address the students' attitude and emotional aspects. Therefore, the topic of using a tool such as a chatbot and other tools equipped with artificial intelligence to influence the student's emotional comfort will be discussed, which in turn may further improve the entire learning process, including maintaining high morale, emotional comfort and impact on self-esteem in the process of independent learning at home or distance learning.

### **Tecnología inmersiva aplicada a la educación a distancia e híbrida**

Beatriz Peña Acuña

Área de Didáctica, Facultad de Educación.  
Universidad de Huelva.

**Resumen:** Esta disertación contiene se propone examinar hasta qué punto se ha extendido la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Virtual (RV) en la educación universitaria en el marco de la educación online e híbrida en el campo de la Salud.

Este uso fue impulsado en parte a las circunstancias de la pandemia. Se procedió a efectuar una revisión sistemática de la literatura académica, valiéndose de las bases de datos Dialnet, Scielo y ERIC, centrándose en los artículos científicos publicados durante los 10 últimos años. Los hallazgos obtenidos denotaron que la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Mixta (RM) ejercen un efecto positivo en facilitar y memorizar contenidos, mejorar la actitud y propiciar la interacción con artilugios digitales en la población estudiantil universitaria. A pesar de los beneficios observados, se trata de un campo emergente en el que es necesario una profundización mixta a través de investigaciones evaluativas acerca de la eficacia didáctica de estas herramientas inmersivas.

### **Resolución de dudas técnicas en redes sociales, el caso de Telegram. Comunidades tecnológicas y metacomunidades**

Almudena García Jurado-Centurión

Profesora Sustituta Interina, en el Departamento de Tecnologías de la Información de la Universidad de Huelva

**Resumen:** Actualmente, la consulta de dudas en internet es una rutina habitual dentro del ámbito tecnológico. Dudas sobre manejo de aplicaciones, configuraciones de sistemas, lenguajes de programación, incluso reparaciones de dispositivos; son habituales entre gran cantidad de usuarios y profesionales.

En este aspecto, las comunidades tecnológicas son de gran ayuda, especialmente en aquellos casos donde se necesita una ayuda más específica y personalizada.

Si hasta hace poco tiempo estas comunidades estaban albergadas en foros o en canales de chat en IRC (los más antiguos), actualmente plataformas como Telegram y Discord están reemplazándolos, o complementándolos en el mejor de los casos, aprovechando la gran capacidad que aportan los grupos de chat, y las interesantes funcionalidades que aportan respecto a los antiguos canales de chat.

Estas plataformas, en especial Telegram, disponen de cientos de comunidades de distintas áreas tecnológicas, tanto generalistas como pueden ser los grupos de usuarios de una herramienta, como de nichos como son las de sistemas operativos alternativos; y suelen agrupar desde cientos de

usuarios, hasta decenas de miles en el caso de las más grandes. Estos usuarios son tanto entusiastas y estudiantes, como profesionales experimentados, lo que permite resolver dudas de manera eficaz y sencilla, además de aprender sobre gran cantidad de temáticas a través de explicaciones y debates en dichas comunidades.

A su vez, dada la gran cantidad de usuarios que albergan, y la facilidad para unirse a los grupos de estas comunidades; esto acaba generando la formación de "metacomunidades": grupos de usuarios que comparten gran cantidad de grupos en común dentro de la misma plataforma, lo cual implica una comunidad más amplia y un conocimiento mayor entre dichos usuarios, más allá de las temáticas principales de los grupos a los que pertenecen.

En esta charla hablaremos sobre las dinámicas de grupos de la plataforma Telegram: el funcionamiento de las comunidades, y las metacomunidades que se forman alrededor de ellas.

### **Recycled powder from clay bricks and a reusable biopolymer as components of hybrid mats for oil structuring applications**

Manuel Antonio Martín-Alfonso, J.F. Rubio-Valle, J.E. Martín-Alfonso

Chemical Product and Process Technology Research Center (Pro2TecS), Department of Chemical Engineering and Materials Science, ETSI, University of Huelva.

**Abstract:** Sustainability is one of the most important fields for scientists. In fact, most people have become aware and currently try to contribute to the care of the environment. Recycling is a possible solution for the decrease of pollution. Moreover, using sustainable materials we can decrease the impact of industrial products on environment. Traditional lubricating greases are manufactured using mineral oils like fluids and metallic soaps as thickeners This work proposes the employment of a reusable biopolymer (cellulose acetate) and recycled clay brick powder in order to obtain hybrid mats through electrospinning, subsequently utilized to thicken used extra virgin olive oil. The electrospun recycled cellulose acetate will be compared to the electrospun commercial cellulose acetate and the behaviour of the developed gel-like dispersions will be evaluated.

### **Valorización de aceites de fritura usados como bases lubricantes sostenibles**

Fernández-Silva, S.D.1, García-Pérez, M. 1, Roman, C. 1, García-Morales, M. 1, Delgado-Canto, M.A. 1

Investigador predoctoral en Universidad de Huelva.

**Resumen:** La utilización de recursos renovables y el aprovechamiento de residuos, junto con la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se alzan como aspectos clave de las futuras ciudades inteligentes. En este sentido, el empleo de nuevas tecnologías y materiales sostenibles permiten mejorar la eficiencia, reducir el consumo de agua y energía, así como reducir la contaminación ambiental. Dentro de este contexto, los biolubricantes derivados de aceites vegetales son una alternativa ecológica y sostenible a los lubricantes convencionales (de origen mineral o sintético) ya que tienen una mayor biodegradabilidad y por tanto una menor toxicidad para los seres humanos o los medios acuáticos. Contribuyen así a varios de los ODS, como el 11 "Ciudades y comunidades sostenibles" o el 12 "Producción y consumo responsables", entre otros. Sin embargo, también cuentan con una serie de problemáticas desde el punto de vista técnico, como, por ejemplo, una baja resistencia a la oxidación y rangos limitados de viscosidad. Otro factor a tener en cuenta es que, durante las últimas décadas, la cantidad de aceite de cocina residual generado en las industrias alimentarias, restaurantes, establecimientos de comida rápida, hogares...etc., ha crecido progresivamente a una tasa de hasta el 2% anual, debido al incremento del consumo de comida rápida y alimentos procesados por parte de la población. Así pues, este trabajo muestra las posibilidades que tiene la valorización de aceites de fritura usados como bases ecolubricantes. Para ello, se han analizado aceites de fritura procedentes de las fuentes antes mencionadas. Estos aceites fueron sometidos a un proceso de destilación molecular para extraer una fase ligera y una fase pesada o residual y se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de su composición química (distribución de ácidos grasos, compuestos polares y acidez) encontrando relaciones entre la composición y las propiedades físicas más importantes desde el punto de vista de la lubricación (índice de viscosidad, comportamiento de flujo viscoso a baja temperatura, resistencia a la oxidación, etc.). Cabe destacar la mejora de la resistencia oxidativa en las fases ligeras de estos aceites, así como altos valores del índice de viscosidad en aquellos aceites con

baja cantidad de compuestos polares y acidez. Por otro lado, las fases residuales contaron con una mayor estabilidad térmica. Finalmente, se determinó que las fracciones moleculares de estos aceites mostraron una reducción del coeficiente de fricción (para ambas fases, mayor en la residual) y del desgaste (para ambas fases, mayor en la ligera) en comparación con el aceite original de procedencia, demostrando que la destilación molecular y la caracterización de estos aceites ayudan en la búsqueda de nuevas soluciones biolubricantes y posibilitan la valorización y reutilización de este residuo tan común.

### **Nuevos dispositivos inteligentes para una movilidad más sostenible**

Carlos García Álvarez

Presidente de MOVIVO Movilidad Sostenible

**Resumen:** Se dividiría en dos bloques. El primero, sería una breve reflexión teórica, con los siguientes contenidos:

Itinerarios en la trama urbana. Nuevos desarrollos y preexistencias. Exigencias de seguridad, confortabilidad y sostenibilidad.

Coexistencia del transporte público y vehículo privado, peatón, bicicleta y VMP.

Las distintas escalas de intervención y la importancia de los recursos de pequeña escala.

Respuestas inteligentes en la ciudad inteligente. Adaptabilidad de las estructuras urbanas viarias a las situaciones cambiantes en tiempo real.

El factor humano. Análisis de los sistemas para evitar la sobrevelocidad.

En el segundo bloque se presentarían dos desarrollos concretos propios, uno ya patentado y en el inicio de la fase comercial y, el otro, en fase de desarrollo de prototipos.

Nuevos instrumentos:

Badén Inteligente Escamoteable Vivadén. Características, funcionamiento y primeras conclusiones tras un año de funcionamiento en tráfico real.

Puertas Tumbadas. Enrutadores inteligentes del tráfico como elemento de seguridad o filtro de entrada a áreas urbanas restringidas. Primeros prototipos.

La ponencia podrá incorporar videos de los dispositivos en funcionamiento y se ajustará evidentemente a los tiempos y medios disponibles.

### **Consciencia en cuerpos mecátrónicos**

Víctor Fernando Muñoz Martínez

Catedrático del área de Ingeniería de Sistemas y Automática - Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática - Universidad de Málaga.

**Resumen:** La consciencia en robots es un tema muy tratado en la literatura y la filmografía, pero la pregunta es ¿Estamos cerca de lograrlo? Esta conferencia trata de los principios biológicos que resulta la base de la consciencia en el ser humano para luego describir cómo se emula ésta digitalmente, ilustrando, con ejemplos, diversas aplicaciones de la inteligencia artificial en la robótica. Finalmente, se propone un juego en el cual se comparan las tecnologías robóticas con la filosofía budista para intentar convencer a la audiencia que los robots poseen un alma digital.

### **Uso de Ingeniería Kansei y de métodos de decisión multicriterio para el diseño de vehículos eléctricos**

Raúl Núñez Romero, Ángel Mena Nieto

Departamento Ingeniería del Diseño – Área proyectos de Ingeniería – Universidad de Sevilla. Departamento Ingeniería Eléctrica y Térmica, de Diseño y Proyectos – Universidad de Huelva.

**Resumen:** En el desarrollo de la movilidad sostenible eléctrica que busca reducir los impactos ambientales y mejorar la eficiencia en la gestión del consumo energético a lo largo de todo el ciclo de vida, la mejora del diseño de los vehículos eléctricos juega un papel fundamental porque los equipos de diseño de todos los fabricantes de dichos vehículos tienen que tomar en consideración todas las variables que influyen en las decisiones de compra de los compradores.

Como producto de consumo, las propuestas de diseño de un vehículo eléctrico tienen que ser aceptadas por el mercado. Los consumidores tienen que verlo como una necesidad, tienen que apreciarlo, desearlo y querer que forme parte de su estilo de vida. En este sentido, el diseño del vehículo en su concepción formal y estética es de

vital importancia. La tendencia de diseño del vehículo eléctrico viene inspirada por las características clásicas del vehículo de combustión. Sin embargo, hay requisitos funcionales y parámetros de diseño del vehículo de combustión que no necesariamente tienen que trasladarse al diseño de los vehículos eléctricos. Se necesita que el vehículo eléctrico tenga una identidad propia y definida, una serie de atributos estéticos y propiedades formales que le doten de personalidad individual. No obstante, esa nueva identidad no puede ser completamente disruptiva respecto a su antecesor homólogo, el vehículo de combustión.

Por tanto, en esta comunicación, se plantea el uso del paradigma de la ingeniería Kansei como una metodología beneficiosa para definir la identidad del vehículo eléctrico. El objetivo de la ingeniería Kansei es el desarrollo de productos centrados en el usuario, implementando propiedades que provoquen emociones y sensaciones placenteras. La experiencia del usuario con productos diseñados bajo este tipo de diseño emocional va más allá de la satisfacción de los requerimientos funcionales, haciendo que la experiencia de uso sea más satisfactoria. Los usuarios crean vínculos y apegos con los productos diseñados gracias a estos lazos emocionales. Esto acarrea diversos beneficios a corto y medio plazo, tanto para las empresas como para los usuarios. Por consiguiente, desarrollar la identidad del vehículo eléctrico bajo el enfoque de ingeniería Kansei potenciaría su implantación en el mercado.

Mediante investigaciones previas y experimentos, pueden definirse los atributos y propiedades estético-formales que caracterizan el vehículo eléctrico. Un ejemplo representativo, extraído de un experimento reveló que, en la dimensión frontal de los coches, la parrilla y la forma de los faros son elementos diferenciadores del vehículo eléctrico respecto al de combustión. Sin embargo, si además del frontal, consideramos todas las dimensiones del coche, el número de propiedades y atributos a considerar crece significativamente, por lo que la evaluación y definición correcta para que cumplan el objetivo de caracterizar el vehículo eléctrico es más compleja. Más aún si, además, también se consideran combinaciones de una o varias propiedades y atributos. Por ejemplo, la configuración del frontal del coche, de la parrilla y la forma de los faros, le dan un aspecto estético (cara frontal) conjunto que va más allá de la suma

de los elementos individuales. No obstante, para abordar este problema de diseño y simplificar el problema debido al elevado número de variables que entrarían en juego, y no perder información importante por el camino, se plantea utilizar los métodos de decisión multicriterio discretos para seleccionar las propiedades más significativas. De este modo, es posible ponderar y extraer las propiedades más relevantes para cumplir el objetivo de dotar de identidad propia y personalidad al vehículo eléctrico.

### **Uso de métodos de decisión multicriterio en la gestión de proyectos de energías renovables**

J. A. Hernández Torres, J. Clavijo Camacho, J. P. Torreglosa, M. R. Sánchez Herrera

Universidad de Huelva - Departamento de ingeniería eléctrica y térmica, de diseño y proyectos.

**Resumen:** Este estudio analiza las posibilidades de aplicación de métodos de decisión multicriterio en el campo de la gestión de proyectos de energías renovables. Especialmente en las etapas incipientes de este tipo de proyectos. Estas metodologías superan a los métodos univariados al considerar múltiples criterios, mejorando la toma de decisiones y optimizando factores como la inversión, la selección de ubicaciones, evaluación de impactos, o la gestión de riesgos. Si bien su aplicación en los proyectos de instalación de tecnologías de base renovable no está generalizada, éstos pueden suponer una ventaja respecto a métodos menos estructurados.

### **Retos en el control electro-activo de la lubricación mediante biolubricantes inteligentes**

M. García Pérez, S. D. Fernández Silva, M. A. Delgado Canto, C. Roman, M. García Morales

Estudiante de Doctorado en la Universidad de Huelva.

**Resumen:** En el campo de la lubricación surge de forma innovadora el estudio de lubricantes electro-reológicos, los cuales responden a la aplicación de campos eléctricos modificando sus propiedades reológicas. El gran potencial de dichos fluidos “inteligentes” reside en la capacidad de adaptar su viscosidad convenientemente a las distintas

condiciones de operación de una máquina, mejorando así la fricción y el desgaste de forma activa. Este control a demanda de la fricción permite una reducción de los consumos energéticos, así como el alargamiento de la vida útil de la maquinaria. Además, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, nuestros lubricantes se elaboran a partir de materiales sostenibles, resultando más respetuosos con el medio ambiente que los lubricantes tradicionales.

Para estudiar los mecanismos que actúan en estos biolubricantes inteligentes se precisa de una nueva generación de equipos de caracterización reológica y tribológica que posibiliten la aplicación de un campo eléctrico, además de soluciones tecnológicas para evitar los cortocircuitos entre las superficies metálicas en contacto. En este estudio se muestra el camino recorrido y las estrategias abordadas por este grupo de investigación para superar los distintos desafíos surgidos en el diseño y desarrollo de la técnica de caracterización del comportamiento electro-tribológico. En primer lugar, se ha empleado un reómetro de deformación controlada Ares G2 (TA Instruments) al que se ha acoplado una celda tribológica de bola sobre 3 placas con capacidad de ser electrificada. Observadas ciertas limitaciones técnicas de este equipo se ha desarrollado esta metodología también para un reómetro de esfuerzo controlado MCR501 (Anton Paar). Para ampliar el estudio de los biolubricantes en rodamientos axiales electrificados se ha adaptado la celda de este último equipo con piezas diseñadas y fabricadas por impresión 3D. Además, se han probado distintas opciones de recubrimientos superficiales para prevenir la aparición de cortocircuito. Se proporciona así una visión general de las posibles respuestas a las dificultades que se presentan en la implementación del control electro-activo de la lubricación en la maquinaria.

### Navegando el infierno dantesco de los datos

Raúl Castilla Bravo

Advisor – Data Engineer en Deep Wolf AI

**Resumen:** En la actualidad, la gestión de datos se ha erigido como el pilar fundamental para el triunfo de muchas organizaciones. Sin embargo, aún existe un vasto desconocimiento tanto tecnológico como metodológico. Esta travesía, desde comprender los fundamentos matemáticos y estadísticos hasta construir un equipo de datos eficiente, se asemeja a

un viaje por el infierno dantesco, del cual es complicado emerger sin una guía certera. Con el respaldo de Deep Wolf AI y Kreatio Lab, expondremos los elementos cruciales de un proyecto de data, la estructuración de un equipo especializado, los roles clave, nuestra metodología y cómo los aspirantes pueden forjar su camino en este universo, ofreciendo una hoja de ruta educativa y un plan de carrera con recursos exclusivos de Kreatio Lab. Concluiríamos destacando casos reales que entrelazan soluciones de Cloud Computing con modelos de Inteligencia Artificial, dando vida a sistemas de recomendación, herramientas analíticas y agentes inteligentes enfocados en la gestión óptima de solicitudes.

### El papel crucial de la privacidad: evaluación de las políticas de datos de plataformas PayTech

Victoria Cruz-Viejo y David Perea

Universidad de Huelva, España.

**Resumen:** Los servicios PayTech, resultado de la unión de los conceptos de "pagos" y "tecnología", están revolucionando la forma en que los jóvenes gestionan su dinero. En un mundo cada vez más digital, los métodos de pago tradicionales están siendo desplazados por soluciones innovadoras y ágiles. Los jóvenes, en particular, adoptan de forma entusiasta las nuevas modalidades de pago, como billeteras móviles, criptomonedas y aplicaciones de pago peer-to-peer. La interacción entre los servicios PayTech y la protección de datos personales es un tema de gran relevancia en la era digital. A medida que la tecnología redefine la forma en que manejamos el dinero, es esencial abordar la seguridad y la privacidad de los datos personales.

Los servicios PayTech recopilan y almacenan información financiera y personal de los usuarios, lo que les otorga una gran responsabilidad en cuanto a la protección de estos datos. La regulación, como el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) en la Unión Europea, impone estrictos estándares para garantizar la privacidad de la información personal. Es fundamental que los proveedores de servicios PayTech implementen sólidas medidas de seguridad cibernética, cifrado y protocolos de acceso seguro para proteger los datos sensibles de los usuarios. Además, la transparencia y el consentimiento del usuario son clave para asegurar

que las personas comprendan cómo se utilizan sus datos y tengan control sobre ellos. En base a ello, se analiza las políticas de privacidad de las dos principales plataformas de Paytech en España: Bizum y Paypal. Este estudio nos permite conocer la transparencia de ambas respecto a sus políticas de privacidad. A pesar de que no existe una estandarización para la información sobre protección de datos, ambas ofrecen una información muy similar, y completa que permite al usuario tener unos conocimientos claros de cómo van a ser tratados y usados sus datos personales.

### **The influence of the Energy Management System on the Economic, Environmental and Profitability Impact of a Hydrogen Based Microgrid**

Jesús Rey, Cirilo Delgado, Francisca Segura, José Manuel Andújar

Universidad de Huelva

**Abstract:** The increasing energy demand, coupled with the high use of fossil fuels to meet it, with the corresponding negative environmental impact that this implies, requires a transition towards an energy model in which renewable energy sources (RES) play a greater role and thus reduce dependence on fossil fuels. To achieve this objective, it is necessary to move from the current model of centralised energy generation to a model of distributed generation (where energy production takes place at different points) and the integration of energy storage systems (ESS), which compensate for the intermittent nature of renewable energies (storing surplus energy generated at times when RES production exceeds energy demand). In this sense, renewable microgrids that hybridise energy storage in the form of hydrogen and batteries are indispensable.

However, in order for these microgrids to be integrated, it is essential to carry out an analysis of their economic and environmental impact and their profitability. In this regard, there are works in the scientific literature that study the impact of the carbon footprint or that carry out a partial economic study of a microgrid: considering the operation and maintenance (O&M) costs, the investment and O&M costs of the equipment that make up the microgrid, or also including the analysis of the annual economic benefits associated with a microgrid. On the other hand, other studies analyse the profitability of a microgrid in terms of electricity prices. However, none of the above

studies study the influence of the Energy Management System (EMS) on the economic and environmental impact and the profitability of the microgrid, nor do they simultaneously analyse these 3 variables, nor do they find the electricity price at which the microgrid becomes profitable.

Thus, compared to the analysed literature, this paper performs, for a hydrogen-based microgrid, a complete economic impact analysis (investment, replacement, O&M costs, as well as annual benefits associated with the microgrid) considering current electricity prices, an environmental impact analysis (carbon footprint associated with each EMS implemented in the microgrid, which will depend on the amount of electricity purchased from the main grid for each EMS and the carbon footprint associated with the Spanish electricity mix, for different years) and a profitability analysis to obtain the electricity price at which the microgrid becomes profitable (depending on hydrogen systems cost reduction), all based on two EMS: the hydrogen-priority EMS and the battery-priority EMS. Table 1 shows a comparison between authors' proposal and the analysed literature.

The hydrogen-based microgrid under study is located at the "La Rábida Campus" and includes RES production (solar and wind) of tens of kW, as well as an ESS hybridised by a hydrogen subsystem (composed of an alkaline, electrolyser, a compressed hydrogen tank and a PEM fuel cell) of several kW and a battery bank of tens of kWh.

Once the microgrid is operational, an EMS must be set up to decide which ESS to use both at times when RES production is higher than energy demand and when it is lower than energy demand. Thus, hydrogen-priority EMS will prioritise the use of hydrogen systems over battery systems (i.e., at times of excess energy, the use of the electrolyser, and in deficit energy moments, the use of the fuel cell, as long as hydrogen tank pressure is its operating range, will be prioritised over the battery bank; in addition, if necessary, the main grid can be used to ensure energy supply). On the other hand, the battery-priority EMS will prioritise the use of the battery bank over the hydrogen systems, as long as the battery bank is in its operating range. The results show that hydrogen-priority EMS has higher associated replacement costs, a lower carbon footprint and a higher electricity price at which the microgrid becomes profitable, compared to battery-priority EMS.

### **Ajuste de las dimensiones de intercambiadores de calor enterrados de manera horizontal en instalaciones de energía geotérmica de muy baja entalpía**

Pino Fernández, Joaquín, Ruiz Castilla, D., Martínez Bohórquez, M.A., Enríquez Gómez, J.M., Andújar Márquez, J.M.

Universidad de Huelva.

**Resumen:** En la actualidad, resulta crucial obtener con precisión el valor de la difusividad térmica ( $\alpha$ ) del terreno a la profundidad del enterramiento de intercambiadores geotérmicos en instalaciones de energía geotérmica de muy baja entalpía (VLGE), especialmente en aquellas con enterramiento horizontal. Este parámetro, que representa la relación entre la capacidad de conducción y la capacidad térmica del terreno (expresada en  $m^2/s$ ), desempeña un papel fundamental en el dimensionamiento adecuado.

Existen diversos métodos para calcular la difusividad térmica, desde enfoques teóricos y aproximados hasta métodos más precisos que involucran ensayos costosos directamente en el terreno de enterramiento. En la mayoría de los casos, los cálculos teóricos no se ajustan a la realidad, lo que puede resultar en un diseño de instalación que nunca funcione de manera óptima. Este problema es especialmente crítico cuando la instalación se encuentra debajo de edificios o viviendas, ya que las mejoras posteriores son difíciles de realizar.

En la práctica, este estudio ilustra mediante un ejemplo concreto cómo la implementación de un sistema económico de medición in situ de la temperatura del terreno, tal como se describe y presenta en distintos artículos de los autores, ofrece una herramienta precisa y valiosa para el dimensionamiento adecuado de instalaciones similares. Se realiza una comparación entre el método desarrollado y el enfoque teórico, permitiendo así cuantificar el margen de error.

### **Improving The Reliability Of An Electrical Distribution System Through Reconfiguration From Probabilistic Approach**

J. Clavijo, F. J. Ruiz-Rodríguez, R. Sánchez Herrera, J. A. Hernández Torres

Universidad de Huelva.

**Abstract:** The integration of distributed generation into the electrical system promotes the construction and operation of reliable and efficient distribution networks. This work presents the improvement of the reliability indices of these electrical systems. To carry out this task, reconfigurations will be made in the topology of the distribution systems. In order to consider demand and generation uncertainties of the electrical systems, probabilistic load flow is applied using the Monte Carlo method.

The study generates an ordered list from lowest to highest failure probability index of each reconfigured system with radial operation constraint. A novel graph-based analysis has been developed to explore all potential radial systems, reconfiguring the initial one. To conclude, the algorithm created to improve the reliability of electrical systems is executed on a real network, generating results that substantiate the effectiveness of the research.

### **Emulsiones no acuosas como nuevos fluidos caloportadores con elevada capacidad de almacenamiento de energía**

Clara Delgado-Sánchez, Pedro Partal y Francisco Javier Navarro

Pro2TecS - Centro de Investigación en Tecnología de Productos y Procesos Químicos, Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Ciencia de Materiales.

**Resumen:** El agotamiento de las fuentes fósiles, la demanda actual de éstas y las previsiones futuras crecientes de energía se han convertido en un problema de enorme relevancia. La sociedad en general, y la comunidad científica en particular, son cada vez más conscientes de esta situación que, junto a otros aspectos como el cambio climático o la contaminación, llevan a la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías y materiales. Las tendencias actuales no sólo se orientan hacia la producción de energías renovables, sino que también se presta una especial atención al ahorro, el

almacenamiento y la eficiencia energética como forma de contribuir a la sostenibilidad de los recursos. Esta situación nos lleva, a la comunidad investigadora, a desarrollar nuevos materiales funcionales de almacenamiento de energía térmica diseñados para la utilización eficiente y la conservación de energía.

Una forma eficiente, atractiva e innovadora de almacenar energía térmica implica la incorporación de materiales de cambio de fase (PCM) en los fluidos de transferencia de calor tradicionales (HTF). De esta manera, se utiliza el calor latente de los PCMs como una fuente de almacenamiento de energía térmica durante la fusión y se libera de manera constante durante la cristalización. Esto resulta en fluidos térmicos con una mayor capacidad de almacenamiento de calor en comparación con los HTFs convencionales. Una estrategia para crear estos sistemas es a través de las emulsiones de cambio de fase (PCMEs) que, en comparación con otras formas de PCMs, presentan un gran potencial y diversas ventajas, como un proceso de preparación sencillo, resistencia térmica insignificante, una buena estabilidad.

La mayoría de las PCMEs existentes en literatura se tratan de sistema con una fase acuosa como fase continua. Este hecho limita notablemente el rango de aplicación de estos sistemas, limitando condiciones de presión y temperaturas. Sin embargo, este trabajo se centra en la preparación de PCMEs anhidras. Se tratan de fluidos multifuncionales aún muy desconocidos y prometedores donde ambas fases son oleosas, permitiendo la posibilidad el mismo medio para el almacenamiento de calor latente y el transporte en condiciones más extremas.

La preparación de estos tipos de emulsiones anhidras con materiales de cambio de fase es un gran desafío, ya que dichos sistemas se han estudiado muy poco a pesar de tener muchas aplicaciones reales y potenciales. Delgado-Sánchez et al. publicaron el primer estudio existente sobre emulsiones no acuosas de materiales de cambio de fase, suponiendo un hito en la investigación de fluidos de transferencia de calor. El principal problema al que se enfrentan los investigadores en la preparación de estos sistemas es la falta de datos sobre la disponibilidad de surfactantes adecuados en emulsiones aceite-enaceite. Además, es necesario que el sistema sea estable no solo cuando

las dos fases están líquidas (por encima del punto de fusión), sino también después de que hubiera tenido lugar el cambio de fase.

El presente trabajo tuvo como objetivo formular dos tipos de emulsiones estables de aceite en aceite de materiales de cambio de fase, polietilenglicol (PEG4000) y ácido esteárico, con temperaturas de fusión de 58-61°C y 68-71°C, respectivamente, y aceite de silicona con el fin de explorar el uso de tales sistemas como PCMEs novedosos. Las emulsiones se prepararon y estabilizaron con éxito. Se realizó una investigación exhaustiva de las propiedades termofísicas de la emulsión, el comportamiento viscoso y viscoelástico, así como su microestructura.

### **Funciones de probabilidad de precipitaciones en el diagnóstico de la colmatación de embalses: Gumbel tipo I versus Log-Pearson III**

Raúl Montes Pajuelo, Ángel Mariano Rodríguez Pérez, César Antonio Rodríguez González

Universidad de Huelva.

**Resumen:** Un tema de actualidad y de vigente interés en la sociedad son los eventos climáticos, debido al impacto que éstos provocan sobre la población y la economía. En particular, el objeto de interés son las precipitaciones y, más específicamente, su modelado, el cual, se realiza mediante funciones de distribución de probabilidad. En el caso de precipitaciones extremas asociadas a un periodo de retorno, se emplean funciones de distribución específicas. En el presente trabajo nos centraremos en tres funciones de distribución diferentes: Gumbel tipo I con tamaño muestral pequeño, Gumbel tipo I con tamaño muestral grande y Log-Pearson III. El objetivo del trabajo consiste en comparar las funciones de distribución Gumbel con la función de distribución Log-Pearson III, todo ello a nivel de (1) caudales líquidos y (2) emisión de sedimentos. En base a un caso de estudio, se establecen las siguientes conclusiones: para caudales líquidos con altos periodos de retorno  $T$  es preferible la Log-Pearson III, seguida de Gumbel tipo I con tamaño finito muestral. Y para emisión de sedimentos, si son resultados puntuales, al estar correlacionados con caudales líquidos, para avenidas concretas asociadas a un  $T$ , seguirá siendo preferible Log-Pearson III, seguida de Gumbel tipo

I con tamaño muestral pequeño. Pero para emisión interanual, Gumbel tipo I con tamaño muestral pequeño es preferible. Gumbel tipo I con tamaño infinito muestral debe descartarse para el diagnóstico de colmatación de un embalse.

### **Aplicación de la inteligencia artificial para la predicción y el control en las instalaciones del ciclo integral del agua**

Ángel Felipe Pulido Moreno

Responsable de proyectos de Innovación de Promedio.

**Resumen:** Promedio es un Consorcio dedicado a la Gestión de los Servicios Medioambientales de la Diputación de Badajoz, cuya finalidad es conseguir una gestión supramunicipal del ciclo del agua y los residuos en la provincia de Badajoz, para lo cual se implanta la economía de escala en vistas a garantizar los servicios en todas las poblaciones adscritas, independientemente del tamaño de su población.

En este sentido, Promedio detectó que la sostenibilidad de los servicios de distribución de agua potable y depuración de aguas residuales, requerían de la implementación de nuevas tecnologías para asegurar su eficiencia a lo largo del tiempo. Para llegar al propósito de poder realizar una buena gestión de los servicios y un proceso industrial óptimo, era preciso la obtención de información en las propias instalaciones y tratar la misma de manera eficaz. Gracias a proyectos de la Diputación de Badajoz como el “Smart Energía”, que ha implantado 53 plantas solares en las instalaciones del Ciclo Integral del Agua o el proyecto “Badajoz es más”, que proporciona una plataforma de desarrollo y visualización de paneles de mando, han permitido a Promedio obtener información organizada de las instalaciones para su seguimiento y control.

Este estudio planteó, una vez que ya estaba disponible la información de las instalaciones, llevar a cabo el gran reto de poder analizar mediante consultas rápidas las posibles anomalías y realizar predicciones mediante técnicas de estadística, big data e inteligencia artificial a la información recopilada.

Este estudio se desarrolló por fases, siempre con la premisa de intentar usar librerías y herramientas de código abierto que pudieran ser reutilizadas. En primer lugar, se desarrollaron los programas para la conexión a equipos industriales de control de proceso e inversores fotovoltaicos para la obtención de información de energía consumida y generada mediante protocolos abiertos. Seguidamente, se investigó en el uso de distintos tipos de gestión de la información mediante bases de datos lo más eficaces posibles, valorando distintos tipos de base de datos incluyendo clúster, técnicas de sharding, además de herramientas de gestión de gran volumen de datos o big data de la Apache Software Foundation. Finalmente, se estudiaron distintas técnicas de inteligencia artificial, implementando librerías para el pronóstico de series temporales convencionales, redes neuronales e interpolación lineal para predecir variables y detectar anomalías.

Los resultados de este trabajo han puesto de manifiesto que es posible el control, tanto de la generación como del consumo energético, así como de otras variables como los caudales de distribución de agua mediante el pronóstico de su información a lo largo del tiempo, sin precisar un gran número de datos y con capacidad de retroalimentación. Además, se han llegado a obtener rankings de velocidad de consultas de distintos sistemas de almacenamiento de datos óptimos para el control de los procesos industriales.

### **¿Cómo medir y comparar la ecoeficiencia y la sostenibilidad de las políticas energéticas y medioambientales de lucha contra el calentamiento global?**

Juan Antonio Delgado-Fernández, Adrián Lopa-Santana, Angel Mena-Nieto

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Térmica, de Diseño y Proyectos, ETSI UHU.

**Resumen:** El Acuerdo de París fue firmado el 12 de diciembre de 2015, pero entró en vigor el 4 de noviembre de 2016, cuando se cumplió la condición de haber sido ratificado por un mínimo de 55 países responsables de, como mínimo, el 55 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Fue un hito histórico conseguir que 195 países acordaran poner en marcha un esfuerzo colectivo para lograr la meta conjunta de limitar el aumento de la temperatura global a 2 °C, pero esforzándose por limitarlo a 1.5 °C en comparación con los niveles preindustriales.

El Acuerdo de París es un tratado internacional vinculante que exige a las partes (países y/o entidades supranacionales) presentar planes nacionales de reducción de emisiones y que revisen esos compromisos cada cinco años. Por ejemplo, en 2020, todos los países firmantes del Acuerdo presentaron sus planes de acción climática conocidos como contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC). En 2023 están siendo revisados y en 2025 los países tendrán que presentar actualizaciones de dichos planes.

Para poder evaluar el nivel de cumplimiento de dichos planes, cuyos objetivos son principalmente metas ambientales y energéticas, se hace necesario seleccionar métodos de decisión multicriterio discretos e indicadores matemáticamente consistentes que permitan medir y comparar los resultados de cada país y los de unos países o regiones con otros. Por ejemplo, el Plan Europa 2050 establece, entre otros, los siguientes objetivos para lograr una economía europea neutra en carbono en 2050:

- Modernizar la industria basándose en la economía circular.
- Descarbonizar el sector del transporte.
- Descarbonizar el suministro eléctrico.
- Maximizar la eficiencia energética.
- Desarrollar la agricultura y los sumideros de carbono.

Por otro lado, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030) español establece que uno de los objetivos energéticos a conseguir para el año 2030, es que las energías renovables representen el 74% del consumo de energía eléctrica y el 42% del consumo energético final de España. Se espera que este cambio de modelo energético, unido a una mayor eficiencia energética y a una mayor electrificación del consumo, permita disminuir la dependencia energética nacional respecto a los combustibles fósiles, reducir el impacto ambiental de la generación de electricidad y disminuir el gasto nacional en la importación de recursos energéticos. En este sentido, el sector eléctrico es un elemento clave para conseguir los objetivos marcados en el PNIEC, y será objeto de especial atención en la comunicación.

Sin embargo, una vez puestos en marcha los planes nacionales o locales para el logro de dichos objetivos, y obtenidos los datos estadísticos oficiales relacionados con los mismos, resulta muy complejo evaluar la eficiencia de un país o un ayuntamiento teniendo en cuenta todas las variables energéticas, ambientales y sociales. Incluso, la literatura científica proporciona varias formas de medir la ecoeficiencia.

En esta comunicación se revisarán las diversas formas de medir la ecoeficiencia y se expondrán los principales métodos matemáticos que pueden ayudar a cualquier responsable de las políticas energéticas y medioambientales de un país, región o ayuntamiento a evaluar de una forma más consistente y científica, los resultados de sus planes de lucha contra el cambio climático. De este modo, podrán tomar mejores decisiones en la elaboración de las actualizaciones de sus planes futuros.

### **Ensayo in vitro sobre la eficacia de fungicidas contra *Phytophthora Cinnamomi***

María Luisa Fernández García, Raúl Tapias Martín, Manuel Fernández Martínez, Ana Quevedo Díaz.

Dpto. Ciencias Agroforestales de la Universidad de Huelva

**Resumen:** Desde mucho tiempo atrás se ha venido observando un decaimiento del arbolado en el monte mediterráneo, denominado “la seca”. Esto está causado por diversos factores, acusando a *Phytophthora cinnamomi* como el factor que afecta con mayor gravedad. En la búsqueda de tratamientos para paliar la enfermedad, entre otros se encuentra la aplicación de distintos compuestos fungicidas.

Este estudio ha consistido en un ensayo in vitro en el cual se ha comprobado la eficacia de dos fungicidas (Tricup Forte y Fosetil Aluminio) in vitro plantas de *Quercus suber* infectadas con *P. cinnamomi*.

En primer lugar, vitroplantas de dos clones distintos ya establecidas en el cultivo in vitro fueron enraizadas en un medio de cultivo Ms suplementado con distintos tratamientos: Control-sin producto, Tricup Forte y Fosetil Aluminio. Una vez que apareció la raíz en las plantas, estas fueron plantadas en viales con una suspensión de zoosporas (1.000.000 zoosporas/planta) de tres cepas de *P. cinnamomi* en condiciones estériles. Tras la inoculación de las plantas, las vitro plantas se mantuvieron 4 días en la solución de zoosporas (2 días en oscuridad y 2 días en luz). Una vez pasado este periodo, las plantas fueron trasplantadas a sustrato de perlita con las mismas condiciones in vitro.

La eficacia de los tratamientos ha sido evaluada mediante distintos parámetros. Por un lado, se han

tomado fotografías durante el proceso de inoculación y posteriormente fueron analizadas mediante un Sistema De Información Geográfica (GIS) obteniendo tamaño de raíz, tallo y necrosis de la raíz. Además, se ha realizado un conteo de zoosporas mediante microscopía al finalizar el proceso de inoculación. Por último, una vez que las plantas fueron trasplantadas a perlita, se ha tomado datos de supervivencia y de aparición de síntomas.

Tras un análisis estadístico de los datos recopilados, se ha obtenido una mejora significativa del número de días supervivencia en las vitroplantas a las cuales han sido aplicados los fungicidas. Se observa que el tamaño también influye en la supervivencia de estas, aumentando el número de días de supervivencia las plantas de mayor tamaño. Por último, destacar que el número de zoosporas al final de la inoculación también es inferior en las plántulas tratadas con fungicidas.

### **Cómo crecen las raíces en Encina y Alcornoque. Efecto de la sequía y enfermedades**

Ana Quevedo Díaz, María Luisa Fernández García, Carmen Romero Forte, Manuel Fernández Martínez, Alejandro Solla Hach, Raúl Tapias Martín

Dpto. Ciencias Agroforestales de la Universidad de Huelva

**Resumen:** La investigación hasta la fecha demuestra que las características de los sistemas radiculares reflejan las condiciones ambientales típicas del ambiente nativo de una especie y que estas características varían con la etapa de desarrollo y las condiciones de crecimiento, por ello, la Universidad de Huelva como colaboradora en el Programa Nacional de Mejora y Conservación de Recursos Genéticos de la encina y el alcornoque frente al síndrome de la seca, coordinado por la empresa TRAGSA, tiene como objetivo estudiar el sistema radical de las especies de Alcornoque (*Q. suber*) y encina (*Q. ilex*) en condiciones de estrés hídrico seguido de infección por *P. cinnamomi*.

Ambos factores, en la actualidad, son determinantes para la supervivencia de estas especies puesto que en estos momentos son los causantes de los mayores descensos de la población mediterránea.

Para este estudio se realizó un ensayo donde se cultivó bellotas de ambas especies en unas estructuras transparentes (Rizotrones) para posteriormente facilitar la muestra fotográfica de las mismas. Los individuos fueron expuestos a ciclos de estrés hídrico y al patógeno *P. cinnamomi*.

Los sistemas radicales de Rizotrones se fotografiaron en varias ocasiones a lo largo de un crecimiento de 2 años (desde julio 2021 a diciembre 2022) con una resolución de 100 micras por pixel. Las imágenes fueron georreferenciadas y se digitalizaron las raíces distinguiendo tres categorías (raíz principal, secundaria y terciaria) en un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS). De este modo es posible cuantificar los efectos producidos por ambos factores en diferentes periodos de tiempo. Además, se realizaron otro tipo de medidas ecofisiológicas en las plantas como medición de fotosíntesis mediante Infra-red Gas Analyzer (IRGA), Transpiración cuticular, conductancia, curvas de presión volumen, análisis nutrientes.

### **Posos de Café como Recurso Energético: Valorización de residuos en las cafeterías del Campus de la Universidad de Huelva**

Loaiza, Javier Mauricio; Palma, Alberto; Villareal, Walter

Centro de Investigación en Tecnología de Productos y Procesos Químicos. Pro<sup>2</sup>TecS - Departamento de Ingeniería Química, Química Física y Ciencia de los Materiales. Universidad de Huelva

**Resumen:** Las necesidades actuales y futuras del mercado energético y de los combustibles de automoción prevén que habrá escasez de materiales en el sector energético y químico en España debido a problemas geopolíticos y de suministro de productos químicos básicos para la industria. Esto implica la necesidad de la producción de productos químicos provenientes de biomasa lignocelulósica que sirvan como plataforma de partida en la búsqueda de soluciones sustentables a la creciente demanda energética global. Todo ello está impulsando numerosos estudios para la valorización de materias primas con características

de renovabilidad y sostenibilidad como son los posos de café.

España ha sido históricamente un país con un alto consumo de café, se estima que cada español consume una media de 4 a 5 kilos de café por año, lo que se traduce a 235 mil toneladas anuales, generando cerca de 200 mil toneladas de posos de café que, en su mayoría, terminan en el vertedero generando problemas ambientales. Estos posos de café están formados por celulosa, hemicelulosa, lignina y otros compuestos extraíbles, ofreciendo un alto potencial como fuente de productos químicos y energéticos.

El objetivo de este estudio es implementar procesos de biorrefinería en cascada para la valorización de los posos de café generados en las 5 cafeterías del campus de "El Carmen" de la Universidad de Huelva. Se ha estimado que el campus universitario genera cerca de 200 kilos al mes de posos de café, los cuales terminan en la basura debido a una mala gestión de residuos.

La fase inicial de este estudio es la valorización energética. Los posos de café tienen un alto poder calorífico (21560 KJ/Kg) debido a su composición química, los cuales pueden ser utilizados para la fabricación de pellets y briquetas, para su posterior uso como combustible en calderas y estufas de biomasa. La segunda fase consiste en la recuperación de aceites de café ricos en triglicéridos y ácidos grasos largos mediante extracción Soxhlet. Estos aceites se han transformado a través de reacciones de transesterificación en un biodiesel con propiedades aceptables.

La tercera fase es la separación de las hemicelulosas (xilosa, arabinosa y ácido acético) mediante una extracción alcalina ultrasónica a bajas temperaturas para la obtención de productos de valor añadido como el furfural, altamente utilizado como materia prima en la producción de biocombustibles líquidos. La fase final consiste en una valorización de la fracción sólida resultante, que es rica en lignina, mediante un proceso térmico de pirolisis con el fin de obtener hard carbon, un material altamente utilizado en aplicaciones tecnológicas de baterías ion-litio. Este estudio demostró el potencial desarrollo de un proceso de

biorrefinería en cascada para la valorización integral de los posos de café, obteniendo productos energéticos de gran interés en la industria.

### **Green hydrogen: Current legal status worldwide**

Jesús Rey, Cirilo Delgado, Francisca Segura, José Manuel Andújar

Universidad de Huelva

**Abstract:** The current climate crisis highlights the need to replace fossil fuels with other energy sources that do not emit greenhouse gases. While renewable energies meet this criterion, it is also true that these energy sources are not controllable and are highly dependent on weather conditions. Therefore, when renewable energy production exceeds energy demand, it is necessary to use the so-called energy storage systems (ESS) that allow energy to be stored for use when needed. In this sense, the storage of green hydrogen (i.e. hydrogen produced from the electrolysis of water using renewable energy) will play a key role, as a result of the chemical properties and environmental benefits of hydrogen.

However, if there is no clear regulation concerning green hydrogen in different parts of the world, how can it be guaranteed that the hydrogen purchased from a company is green hydrogen and not grey hydrogen labelled "green"? In order to achieve this objective, and as a prior step to the establishment of a set of standards that will enable the issuance of green hydrogen guarantee of origin (GO) certifications, it is absolutely essential to establish a regulatory framework that clearly defines what green hydrogen is, which in turn will lead to the issuance of the corresponding certifications. For this reason, several countries around the world have already established or are in the process of establishing legislation on green hydrogen that will allow the subsequent establishment of a set of standards for the issuing of green hydrogen GO certifications. In this sense, this paper collects the regulations concerning green hydrogen in different countries and whether in these countries there are so-called green hydrogen GO certifications.

Current green hydrogen legislation in the world is clearly uneven. Thus, Spanish and European legislation (which prevails over national laws) has already specific legislation defining this energy

vector and a series of standards for issuing green hydrogen GO certifications, while in Chinese legislation there is only mention of the importance of hydrogen in the future of the industry (without establishing any type of regulation concerning green hydrogen). On the other hand, in the United States there is no regulation concerning green hydrogen, but “clean” hydrogen (defined in its Public Law 117-58-Nov.15 2021), while other countries such as Canada, Japan, Australia or United Kingdom (among others) plan to develop a legislation concerning green hydrogen (which, in turn, will lead to the establishment of the requirement for issuing green hydrogen GO certifications). Table 1 shows, in detail, the existing green hydrogen legislation in different parts of the world, as well as the existence of rules for issuing green hydrogen GO certifications, while Figure 1 gives an overview of green hydrogen legal status worldwide.

### **Propuestas para una gestión integrada del riesgo de sequías en la cuenca del Guadalquivir**

Irene Judas Cruz, Inmaculada Pulido Calvo, Juan Carlos Gutiérrez Estrada

Dpto. Ciencias Agroforestales Universidad de Huelva

**Resumen:** Las últimas proyecciones climáticas en España sugieren un aumento significativo de la temperatura (hasta un 0,4% por década en invierno y un 0,7% en verano) junto con un cambio en la distribución anual de las precipitaciones durante el siglo XXI (Rodríguez-Díaz et al., 2007). En Andalucía se prevé una reducción de precipitaciones de hasta el 34% en la cuenca del Guadalquivir en los próximos años (Ayala, 2002), lo que conllevará un importante incremento de eventos de sequía y, por tanto, de competencias por el uso de los recursos hídricos disponibles (Tocados-Franco et al., 2023). Esta situación hace evidente la necesidad de adoptar medidas preventivas de planificación y gestión de los recursos hídricos que faciliten la compatibilización de todos los usos de agua (regadíos, urbanos, industriales, recreativos) y de los caudales ecológicos durante eventos de sequía. Para la consecución de este objetivo es primordial la caracterización espacio-temporal de las aportaciones que llegan a los embalses de

regulación de la demarcación hidrográfica en estudio y su relación con parámetros climáticos y de vegetación. Esto permitirá disponer de patrones de comportamiento hidrológico que servirán para la calibración de modelos de simulación y de predicción de escurrimientos en escenarios futuros. En este trabajo se ha empezado a analizar el subsistema Jaén de la demarcación hidrográfica del Guadalquivir. En una primera etapa se ha elaborado una base de datos con registros mensuales de series temporales de: (a) Aportaciones a los embalses de regulación; (b) Precipitaciones y temperaturas de estaciones climáticas distribuidas en la zona; (c) Índice de sequía (SPI); y (d) Índice de Vegetación (NDVI). En una segunda etapa se tiene la intención de calibrar y evaluar modelos de Redes Neuronales Artificiales utilizando el software ANNPI 1.0 (Pulido-Calvo et al., 2019) para la simulación dinámica de las aportaciones en cada uno de los embalses utilizando como entradas diferentes conjuntos de las variables registradas. Los resultados de este estudio abordarán la variabilidad del cambio climático y su influencia en el estado de los embalses en la cuenca del Guadalquivir a corto-medio plazo, proporcionando a los gestores del agua en Andalucía una herramienta complementaria preventiva que facilite las directrices a seguir ante posibles eventos de sequía (porcentaje de reducción de la dotación para regadíos, cambios en los usos del suelo, mínimo mantenimiento de servicios ecosistémicos,...).

### **Necesidad de zonas verdes del ciudadano en el medio urbano**

José Antonio González Duque y Marina de Moya Alfonso

Dpto Ciencias Agroforestales de la Universidad de Huelva.

**Resumen:** Las ciudades modernas tienen nuevos retos que cumplir. Los avances tecnológicos deben ir acompañados de una adecuación de las zonas verdes urbanas. Estas deben ocupar el lugar que les corresponde en la trama urbana especialmente en ciudades altamente densificadas. Hoy día gracias a la multiplicidad de sensores a tiempo real y con los big data específicos de cada campo se puede lograr una gran adecuación a las necesidades del ciudadano en el medio urbano y de este modo compensar, mediante los espacios verdes, el

alejamiento de la naturaleza primitiva. Las ciudades altamente tecnificadas en algunos casos olvidan y se alejan del medio natural en vez de encaminarse a una gestión de urbanismo sostenible y duradero (Oktay, D., 2012).

### **Recursos tecnológicos, Ensino da Matemática e a Geração Alpha**

Cristina Dias, Carla Santos e Isabel Borges

Instituto Politécnico de Portalegre - Portugal.

**Resumo:** No domínio da educação é crucial reconhecer a influência crescente da Geração Alfa. Esta geração, distinta, tem estado imersa em tecnologia desde os primeiros dias de vida, moldando as suas perspetivas e visão do mundo. Há uma escassez de estudos que exploram as diferentes facetas da Geração Alpha e, para o efeito, o presente estudo tenta desvendar, contextualizar e compreender a Geração Alpha e a sua relação com o ensino da matemática. Assim, é apresentada uma revisão das tecnologias educativas com exemplos de aplicações tecnológicas atuais, utilizadas em diferentes instituições de ensino. São identificadas e analisadas as tecnologias emergentes que estão a ser exploradas pela Geração Alpha. O estudo revela um futuro promissor para a Geração Alpha, mas com ressalvas, exigindo intervenções atempadas por parte dos professores, instituições de ensino e governo. Estes estudantes exploram amplamente a tecnologia para melhorar e acelerar o processo académico, e promover/desenvolver aptidões e novas competências. O ensino da matemática também adotou as tecnologias digitais, com professores e alunos a implementarem-nas nas suas salas de aula. O artigo fornece uma visão abrangente do potencial e dos desafios da integração das novas tecnologias no ensino da matemática, abrindo caminho para experiências de aprendizagem inovadoras e inclusivas para a Geração Alpha.

### **Oleogel de nanofibras de celulosa a partir de materias primas renovables: una oportunidad para valorizar la biomasa agrícola y forestal a través de una lubricación sostenible**

C. Roman, M.A. Delgado Canto, S.D. Fernández Silva, M. García Pérez, M. García Morales

Investigadora del centro Pro2TecS, Universidad de Huelva.

**Resumen:** Con el fin de minimizar el impacto ambiental negativo provocado por las grasas lubricantes tradicionales, se prepararon y caracterizaron oleogel a base de nanofibras de celulosa de pulpa de olmo suspendidas en aceite de ricino. Se consideraron pequeñas concentraciones de nanofibras, siempre inferiores al 2,8 % en peso. Se utilizaron muestras blanqueadas y no blanqueadas de la misma pulpa kraft de olmo para analizar el efecto del blanqueo sobre el comportamiento termorreológico y tribológico de los oleogel. Además, con el objetivo de estudiar la influencia del pretratamiento de la nanofibrilación, dos muestras de la misma pulpa blanqueada se sometieron a tratamiento mecánico tipo molino PFI o a oxidación química mediada por el catalizador TEMPO. A diferencia de las grasas lubricantes convencionales, en las que el llamado módulo plateau, GN0, sufre un descenso dramático cuando se supera el punto de fluidez de la grasa, no se identificó evidencia de tal fenómeno hasta 180 °C en nuestros oleogel.

A una concentración de nanofibras del 1,4 % en peso, se demostró que el oleogel a partir de las nanofibras sin blanquear se comportó mejor al ser sometido a grandes deformaciones por cizalla. Así, cuando se sometió a un valor de esfuerzo, fuera del intervalo viscoelástico lineal, de 100 Pa durante 30 minutos, su módulo de cizalla complejo solo disminuyó en un 13,3 %, en comparación con las dramáticas caídas encontradas para los oleogel PFI blanqueado y TEMPO blanqueado, 41,4 % y 95,6 %, respectivamente. Con respecto a su comportamiento tribológico, se realizaron ensayos de desgaste a una carga normal de 20 N, a temperatura ambiente, para oleogel al 1,4 % en peso. El desgaste se vio notablemente afectado por el tipo de nanofibra. El diámetro de la huella de desgaste correspondiente al oleogel PFI blanqueado, 188 micras, fue notablemente más pequeño que los de los otros dos oleogel estudiados (en ambos casos, las huellas fueron

superiores a las 550 micras). Este resultado se debe muy probablemente a su singular comportamiento de fricción en el intervalo de 0-10 minutos.

### **Contributo de um MOOC para a promoção da Literacia Estatística**

Carla Santos e Cristina Dias

Instituto Politécnico de Beja - Portugal

**Resumo:** No Séc. XXI os dados estatísticos e as manifestações estatísticas estão presentes em todos os domínios da vida dos indivíduos, independentemente da sua idade, escolaridade ou atividade profissional. Pela crescente importância que a Estatística vem assumindo nas mais diversas áreas do conhecimento, pelo impacto que a informação de cariz estatístico tem na vida quotidiana, e pela influência que essa informação tem na perceção que os indivíduos têm do mundo que os rodeia, a promoção da literacia estatística estabeleceu-se como um dos desígnios da formação base dos cidadãos. A necessidade e urgência da literacia estatística tem estado bem patente nas recomendações dos programas escolares da disciplina de Matemática (onde se enquadra o estudo da Estatística), desde os primeiros anos de escolaridade, no entanto persiste um desfasamento entre as competências trabalhadas nessa disciplina e as competências críticas da literacia estatística. Na abordagem que é feita aos conteúdos de Estatística continua a ser dada ênfase à componente matemática das técnicas estatísticas, com aplicação rotineira de algoritmos, em detrimento da compreensão funcional dos conceitos, ferramentas e métodos estatísticos. As consequências dessa abordagem têm sido investigadas em estudos a nível internacional, com alunos de diferentes graus de escolaridade, com conclusões que apontam para a urgência de reforçar a literacia estatística em todos os graus de escolaridade, por terem sido detetadas lacunas relevantes nas competências próprias da literacia estatística, mesmo entre estudantes do ensino superior e profissionais com elevados graus de escolaridade.

Perante a comprovada insuficiência da abordagem ao estudo da Estatística, em meio escolar, para a promoção da literacia Estatística, e a popularidade que os MOOC (Cursos Abertos Massivos e Online, do inglês, Massive Open Online Courses) têm alcançado nos últimos anos interessa-nos refletir

sobre qual poderá ser o contributo dos MOOC na promoção da literacia estatística.

O denominador comum das variadas definições de literacia estatística aponta para a posse de competências que permitam que os indivíduos lidem com a informação estatística do seu quotidiano de forma informada, crítica e útil. Foi com base nesta premissa que avaliamos o conteúdo do MOOC que selecionamos para análise neste trabalho.

Considerando que as competências próprias da literacia estatística têm maior afinidade com os conceitos e métodos básicos da Estatística do que com métodos avançados, a escolha focou-se em MOOC que abordam as bases fundamentais da Estatística. O MOOC selecionado para avaliação neste trabalho, cujo título é *Introduction to Statistics*, apresenta conteúdos diversos, desde os conceitos mais elementares da estatística descritiva e amostragem até à análise de variância. Centrando a nossa atenção nos conteúdos relacionados com as competências próprias da literacia estatística, identificamos várias situações em que a análise e interpretação contextualizada dos dados e suas representações é explorada, sendo potencialmente interessantes no que respeita à promoção da literacia estatística, mas também outras em que a abordagem aos conceitos e técnicas estatísticas surge de forma desgarrada, superficial e sem um fio condutor que proporcione a compreensão funcional dos conceitos, ferramentas e métodos estatísticos apresentados.

### **Teleasistencia médica monitoreo de pacientes**

David Pardo Garrido, Leticia Rivera, Isabel Rodríguez Pardo

DXC Administrador de Sistemas, Personal Externo en SAS, Moreno SAS Enfermera de Atención Primaria en Distrito Huelva-Costa, Técnico Auxiliar en Cuidados de Enfermería

**Resumen:** La teleasistencia médica y el monitoreo de pacientes son dos áreas de la atención médica que han experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, especialmente con el avance de la tecnología y las comunicaciones. Entre sus principales ventajas está la mejora del acceso a la

atención médica, el monitoreo de constantes, comodidad para el paciente y el sanitario, y la reducción de costes. Mediante la siguiente revisión bibliográfica se pretende poner en valor y dar a conocer sus partes más importantes.

### **Inteligencia artificial para cuidar y acompañar a mayores**

David Pardo Garrido, Leticia Rivera, Isabel Rodríguez Pardo

DXC Administrador de Sistemas, Personal Externo en SAS, Moreno SAS Enfermera de Atención Primaria en Distrito Huelva-Costa, Técnico Auxiliar en Cuidados de Enfermería

**Resumen:** La aplicación de la inteligencia artificial para cuidar y acompañar a personas mayores puede ser muy beneficiosa completando la atención humana las 24 horas, monitoreando la salud, ofreciendo seguridad para el paciente y los familiares, y reduciendo la soledad. La combinación de tecnología y cuidado humano puede ser la forma más efectiva de abordar las necesidades de esta población en envejecimiento.

### **An anhydrous phase change material emulsion stabilized by hydrophobized fumed silica for thermal energy storage applications**

Sebastian Sanabria, Clara Delgado-Sánchez, Francisco Javier Navarro

Research technician- Pro2tecs- Universidad de Huelva.

**Abstract:** In order to progressively optimize renewable energy, energy storage is needed to bridge the gap between the time energy is generated and when it is required. The use of emulsions with phase change materials (PCMs) for thermal energy storage (TES) is seen as a high-potential option, but it presents challenges, particularly related to stability and processability. In this context, our research presents the formulation and characterization of anhydrous Pickering emulsions in which a selected paraffin (with a melting point of 58-60°C) is the dispersed phase, and polyethylene glycol forms the continuous phase. These emulsions were stabilized using hydrophobized pyrogenic silica nanoparticles. The effects of

varying their concentration on the morphology, rheology, and thermal properties of the emulsions were evaluated. Characterization methods included optical microscopy, steady-state flow tests, oscillatory tests, and modulated differential scanning calorimetry. Results indicate that the nanoparticles are capable of stabilizing the emulsion and enhancing its rheological properties, an outcome attributed to an internal structuring process. Additionally, the phase change enthalpy was similar to other systems found, with the emulsions demonstrating suitable thermal stability. A minimal supercooling effect was also detected in the samples.

### **Energy storage: the big challenge for lubricants**

E. Cortés-Triviño, A. Tenorio-Alfonso, C. Delgado-Sánchez, F.J. Navarro

Pro2TecS-Chemical Product and Process Technology Centre, Department of Chemical Engineering, Physical Chemistry and Materials Science, University of Huelva

**Abstract:** Phase change emulsions (PCEs) have recently drawn the attention of researchers due to their highly efficient energy storage and transport performance since they exhibit a noteworthy thermal energy storage density while preserving their flow characteristics. Furthermore, the so far reported PCEs comprise the utilization of water as one of the main compounds. Given the scarce number of research dealing with anhydrous phase change emulsions with potential energy recovery and storage functionalities, in this study, novel oil-in-oil PCEs were formulated from stearic acid (1-10%) dispersed in silicone oil. Bearing in mind the likely energy absorption ascribed to the as-prepared PCEs, particularly during machinery operation, their potential application in lubricating tribological contacts was assessed by conducting stationary and temperature ramp friction tests. Moreover, the impact of the phase change process on the PCEs' rheological response has been evaluated through flow tests, frequency sweeps, and rotational temperature ramps within the temperature range from 30 to 80 °C. Additionally, their thermal energy storage and morphological properties were also assessed through modulated differential scanning calorimetry and optical microscopy. According to the results, the appropriate enhancement of the

surface behavior of the ensuing PCEs was evinced, judging by the remarkable reduction in the friction factor (40-65%) within the whole temperature range studied, when compared to the tribological response attributed to pure silicone oil.

### **OliBoTIC: Autonomous Remote Sensing Applied to Olive Tree Status Assessment**

Miguel Noguera, Borja Millán, Rocio Moro and José Manuel Andújar

Centro de Investigación en Tecnología, Energía y Sostenibilidad (CITES), Universidad de Huelva.

**Abstract:** Olive cultivation and its associated market is an outstanding economic engine for Spain and southern Europe, as only Spain, Portugal, Italy, and Greece generated 61.95% of the total amount of worldwide olive production in 2017. Long-term sustainability of olive cultivation is in question due to low productivity, rentability decreasing and the evidence of the environmental impact. In the last decades the olive sector has carried out actions in order to confront these issues. A good example is the establishment of new cultivation systems, like super-intensive olive orchards. This planting systems are characterized by extremely high planting density (> 1500 trees/ha). The distinguishing feature of these cultivation systems lies in the organization and configuration of the trees. They are typically set in rectangular patterns, spaced at 1-1.5 x 3-3.5 meters, and trained to develop into continuous hedgerows, thus forming a two-dimensional (2D) tree shape, which contrasts with the traditional three-dimensional (3D) tree forms. This cultivation system prioritizes the productivity of the land unit or the population of trees within the orchard system over the high fruit yields that individual trees may produce. One of the primary benefits of super-intensive plantings is the ability to conduct olive pruning and harvesting through fully mechanized continuous systems, significantly reducing the time required for these management practices. Furthermore, this approach entails reducing the need for manual labour, which is significant for cost savings. This becomes even more crucial in a context characterized by the difficulty of finding specialized labour due to the gradual depopulation of rural areas. Thus, super-intensive olive orchards offer several advantages that enhance their profitability. Nevertheless, the

high tree density per unit area leads to an increased overall evaporative demand for the entire crop, so the requirements for agricultural inputs (water, and fertilizers) by the crop increase. For these reasons, to accomplish exhaustive fertirrigation programs take on a greater importance. Super-intensive olive orchards often are typically backed by standardized cultivation protocols that streamline their management. Nevertheless, these protocols treated the field as uniform surfaces, overlooking spatial variability. As a result, there is often an inefficient allocation of agronomic resources, which encompasses economical loss, and environmental damages. The lacks in the current olive management strategies stem from the deficiencies in traditional methods of estimating parameters crucial for effective crop management. So, there is room for improve the olive management paradigm. In this regard, precision farming has emerged as a promising solution. Precision farming is an agricultural management approach specifically developed to analyse spatial and temporal fluctuations within an agroecosystem. It leverages a variety of technologies and methodologies to implement location-specific treatments for optimized crop management. Therefore, in contrast to the conventional approach of uniform resource application in agronomic management, precision farming strives to allocate resources to plants based on their individual requirements in a segmented fashion. The main advantages of implementing this practice encompass decreased input usage, reduced environmental impact, enhanced crop yields, and improved product quality.

One of the most important agronomic practices that need to be different depending on the type of cropping are fertilization. The traditional methodologies for nutritional status assessment are impractical for precision farming, as it requires extensive sample preparation, expert workers, and advanced laboratory facilities. All these factors lead to a high cost. These limitations restrict the number of sample points growers can consider, resulting in low spatial resolution in the monitoring process. On the other hand, the aforementioned limitations also curtail the frequency of sampling campaigns that growers can conduct throughout the season, resulting in a reduced temporal resolution. In order to confront these challenges, the OliBoTIC project proposes the development of a system prototype aimed at providing olive producers with an

automated tool targeted at producing accurate and early information about nutritional status of the different areas of the orchard. Specifically, the system will integrate advanced artificial vision, spectral and LiDAR sensor with ground robotic systems to build a solution able to generate accurate spatiotemporal information of the orchards. Thus, OliBoTIC will be comprised of:

- A ground vehicle able to autonomously explore the orchard taking georeferenced data from a lateral view of the olive trees.
- A set of data processing algorithms to process spectral information and estimate plant status.
- A software to express results as illustrated false colour maps, graphically representing the status of the orchard in terms of physiological status.

### **OliBoTIC: A Robotic Platform for Autonomous and Remote Sensing Applied to Olive Growing**

Rocío Moro, Borja Millán, and Miguel Noguera and José Manuel Andújar

Centro de Investigación en Tecnología, Energía y Sostenibilidad (CITES), Universidad de Huelva.

**Abstract:** Precision agriculture plays a central role in addressing the current challenges facing olive production. In this context, the OliBoTIC project emerges as an ambitious effort to develop a prototype system aimed at providing olive producers with accurate and early information about the nutritional status of different areas of their orchards. The OliBoTIC approach is rooted in the observation of super-intensive olive groves, with the goal of optimizing costs and reducing labour dependency.

One of the key components of the OliBoTIC project is its robotic platform, which has been carefully selected and modified to allow exploring olive orchards. The ultimate purpose of this platform is to implement and develop a ground vehicle equipped with advanced sensors, such as real-time computer vision, spectral sensors, and LiDAR technology. This vehicle is intended to autonomously explore olive orchards, adapting its speed of movement according to the necessary exposure times and the surrounding environmental

conditions. The base for the development of the autonomous platform falls on the Robotnik Summit-XL, in its outdoor version, with rubber wheels. This vehicle can carry loads of up to 65 kg, has dimensions of 722x613x416 mm, and reaches a maximum speed of 3 m/s.

The desired autonomy in the platform is intended to be achieved through advanced navigation and control systems that empower the vehicle to make real-time decisions, enabling it to avoid obstacles and follow predefined or dynamically generated routes. The computer vision integrated into the platform allows the robot to capture detailed visual information, enabling the identification of crucial aspects of the plants. Spectral sensors add an essential component to the system, providing spectral information from the plants, allowing for a precise assessment of the state of the olive trees. The inclusion of LiDAR systems, which capture two-dimensional and three-dimensional data of the environment and the olive tree structure, enhances the robot's perception and improves its navigation capabilities. Furthermore, these sensors capture real-time data as the vehicle moves through the orchard, generating a significant amount of information that is processed using custom algorithms designed to analyse spectral data.

To date, significant progress has been made in the development of the robotic platform. The autonomous ground vehicle has demonstrated its ability to efficiently explore olive orchards, collecting georeferenced data from a side view of the olive trees using GPS signals. Georeferenced data is obtained either through NTRIP correction or an RTK base station, allowing comprehensive coverage of olive orchards. The advanced sensors have validated their effectiveness by providing detailed and accurate information about the condition of the plants and the environment. Additionally, the robot has shown the ability to avoid obstacles thanks to LiDAR technology. These achievements stand as a testament to the development and programming carried out in the opensource ROS (Robot Operating System) development environment. ROS provides a well-structured and organized framework for the robot's software architecture. ROS, which includes a wide variety of packages and functionalities, all contributed by an active community of users, covers key areas including localization, mapping, planning, perception, and more. The choice of ROS

is justified by its ability to provide a solid framework for the development of the robotic platform, which has enabled the current advances.

In summary, the robotic platform, represented by the Robotnik Summit-XL and supported by the ROS development environment, promises to revolutionize how producers manage their olive orchards. This integration of hardware and software, with its array of sensors and autonomous capabilities, opens the door to a new paradigm in precision agriculture. OliBoTIC, with its focus on innovative and automated solutions, is at the forefront of olive production in the field of precision agriculture.

### **Oleogels developed with cellulose acetate/silica hybrid nanocomposites**

M. Toro, C. Valencia, M.C. Sánchez, J.E. Martín-Alfonso, J.M. Franco

Pro2TecS – Chemical Product and Process Technology Research Center, Department of Chemical Engineering and Materials Science, Universidad de Huelva

**Abstract:** In the lubricant industries, there is a growing concern to replace petroleum-derived components with others that are renewable and/or biodegradable. The challenge is also to simplify the formulation, so to produce semi-solid lubricating greases, in addition to requiring the use of environmentally friendly oil structuring agents, it is also necessary to produce multifunctional ingredients capable of conferring specific rheological properties as well as providing wear protection and friction reduction.

In this work, cellulose acetate/silica (CA/Si) hybrid nanocomposites are developed and produced by electrospinning to be applied as multifunctional ingredients in eco-friendly lubricant formulations. Electrospun CA/Si nanostructures were dispersed in castor oil and resulting oleogel were rheologically and tribologically characterized. The effect of the addition of CA:Si ratio on the morphology of nanostructures and oleogel properties has been studied.

Electrospun cellulose acetate/silica (CA/Si) hybrid nanocomposites were able to successfully structure castor oil in different extent depending on the morphology of the nanostructures and CA/Si ratio.

Resulting oleogels had adequate rheological and tribological properties and can be proposed as potential alternatives to conventional lubricating greases.

Electrospinning performance depends on both the CA/Si solution concentration and CA/Si ratio. A transition from bead-free nanofibers to beads-on-a-string structures was detected by reducing the CA/Si ratio.

The rheological functions of the oleogels increased with the CA/Si feeding solution concentration and CA:Si ratio. However, increasing the Si content in the nanofibers reduced friction and wear in the tribological contact. Wear and friction were also reduced by increasing the feeding solution concentration associated to the consecution of more homogeneous nanofiberdominated morphologies.

### **Determinación del procedimiento adecuado para la salinización y desobstrucción de las vías venosas periféricas para la administración de fluidoterapia parenteral**

Dr. José Miguel Robles Romero, Dr. Pedro Partal López, Dra. Macarena Romero Martínez y Dr. Francisco Mena Navarro

Universidad de Huelva

**Resumen:** El lavado de vía venosa periféricas mediante jeringa es uno de los procedimientos más utilizados en las unidades de hospitalización de todo el mundo, casi un 80% de los pacientes requieren terapia intravenosa. Las necesidades clínicas de un acceso intravenoso son muy variadas e incluyen situaciones que implican la administración de fármacos, fluidoterapia, sangre y hemoderivados, toma de muestras, constantes para pruebas diagnósticas o disponer de un acceso rápido en caso de emergencia en pacientes inestables. La vía de elección más frecuente es la periférica, por su facilidad de acceso y mayor seguridad para el paciente. Según los protocolos establecidos, esta la técnica de lavado hay que realizarla después de la administración de cualquier medicación por vía parenteral, para asegurar la viabilidad del catéter y los efectos nocivos endoteliales. La controversia existente en la metodología más adecuada a usar para dicha técnica hace que los profesionales de enfermería posean dudas de cómo realizarla.

Debido a que es un procedimiento manual, que requiere de la elección de una jeringa determinada, y una cantidad de suero fisiológico adecuado, y el empuje del émbolo con una fuerza concreta, hace que sea necesario una determinación exacta de cuál es el material y el método correcto para realizar dicha técnica.

El endotelio vascular venoso es de menor resistencia que el arterial a la presión, de ahí que inyectar un fluido con una presión inadecuada puede provocar efectos nocivos en dicho tejido, afectando a la durabilidad del catéter y al bienestar del paciente. Del mismo modo, el proceso de desobstrucción requiere de unos cálculos determinados para continuar con la vía periférica sin necesidad de cambio, y para ello se requiere de un protocolo exacto para evitar problemas.

Por ello con este estudio pretendemos determinar cuál es el procedimiento adecuado para la realización de dicha técnica de la manera más correcta.

Debido a la temática compleja se requiere la investigación conjunta de las áreas sanitaria e ingeniería de fluidos. Por consiguiente, realizaremos una búsqueda bibliográfica exhaustiva para conocer las publicaciones relevantes sobre tema (ya hecha), y determinar las variables que influyen en dicho proceso de administración medicamentosa. Posteriormente realizaremos una simulación informática mediante Mathcad (en proceso), donde se recree todas las variables existentes en dicho procedimiento, con la mayor exactitud posible, para de este modo obtener resultados múltiples y válidos, sin tener que poner en riesgo al paciente.

Una vez realizada pasaremos a la fase de experimentación de laboratorio, donde recrearemos los escenarios posibles que puedan presentarse, y de este modo hacer la comparativa con los datos obtenidos en la simulación.

Posteriormente se realizará el análisis de los resultados para la extracción de conclusiones válidas. La fase final será la publicación de los resultados en la comunidad científica en general, y en la enfermera en particular, para poder ponerse en marcha dichas técnicas de manera correcta, e incluso poder realizar protocolos de actuación.

## **A importância da realização de simulacros para a saúde, bem-estar e segurança dos trabalhadores: evacuação de um edifício com crianças com menos de 3 anos – uma responsabilidade acrescida**

Jéssica Serrano, Ana Dias e Carla Santos

Instituto Politécnico de Beja - Portugal

**Resumo:** Os trabalhadores em Portugal têm direito a trabalhar em condições que protejam a sua saúde e garantam a sua segurança, em todos os aspetos relacionados com as funções que desempenham. Este estudo centrou-se numa creche, em que os funcionários têm de lidar com crianças com menos de 3 anos. A creche, no geral, é constituída por salas de Berçário (dos 3 meses à aquisição de marcha); salas de Aquisição de Marcha (da aquisição da marcha até cerca dos 24 meses) e, Salas de 2 Anos (cerca dos 24 aos 36 meses).

A equipa educativa, que é constituída pelo(a) Educador(a) de Infância e por um(a) Auxiliar de Ação Educativa, além do dever de promover a educação integral da criança, tem também o dever de proporcionar a cada criança condições de bem-estar e de segurança, designadamente no âmbito da saúde individual e coletiva.

Este estudo foi dirigido a trabalhadores de uma creche, para aferir se estes conhecem os procedimentos de segurança que permitem uma rápida evacuação do edifício, em caso de incêndio ou de simulacro de incêndio. Serviu para perceber se conhecem os caminhos de emergência, a sinalética de emergência e o ponto e se as atitudes e comportamentos são os corretos, de forma que todos os trabalhadores e crianças saiam atempadamente do edifício e cheguem ao ponto de encontro em condições que permitam a proteção da sua saúde e do seu bem-estar e que garantam a sua segurança. Quando pensamos em segurança contra incêndio em edifícios, estas faixas etárias são bastantes complexas, pois estas crianças não percebem o que significa uma sirene de incêndio tocar e até pouco mais de 1 ano, muitas destas crianças não andam de forma independente, encontrando-se totalmente dependentes dos funcionários da instituição. Assim, estes trabalhadores têm uma responsabilidade acrescida, não basta, como em outro tipo de edifícios, saírem do edifício em segurança, necessitam de transportar bebés ou guiar as crianças que já têm uma marcha

totalmente independente a deslocarem-se para o exterior, seguindo um conjunto de regras e orientações para que tudo corra bem e consigam chegar em segurança ao ponto de encontro.

Num primeiro momento foi preparado um plano de operações, com o cenário do simulacro, a localização dos observadores do simulacro e mais algumas informações necessárias para que o mesmo corresse bem. Foi realizado um simulacro, sem aviso prévio dos funcionários, em contexto muito próximo da realidade, de forma a perceber se estes trabalhadores sabiam como atuar com base em formações ou nas suas vivências e experiências anteriores, uma vez que nesta instituição, ainda não tiveram formação sobre estes temas, nem foram informados sobre os comportamentos que são expectáveis que tenham para garantir a sua segurança e saúde bem como a crianças até 3 anos de idade que estão à sua guarda e responsabilidade. Posteriormente foi aplicado um questionário anónimo para termos ideia das suas perceções quanto ao desenrolar do simulacro e das atitudes e comportamentos adotados.

Elaborou-se um relatório do simulacro, onde constavam os pontos fracos, os pontos fortes, situações a serem corrigidas e sugestões de melhoria, ao que se seguiu a uma apresentação aos funcionários, que serviu como ação de sensibilização. A mesma decorreu muito bem, com os funcionários a contribuírem de forma ativa com muitas sugestões de melhoria. Depois voltou a repetir-se o simulacro, que ocorreu de forma mais rápida e segura quer para os trabalhadores quer para as crianças e repetiu-se também a aplicação do questionário aos funcionários para perceber as suas perceções quanto ao simulacro, para perceber se o mesmo decorreu em segurança de forma a manter a saúde e bem-estar de todos.

Apresentam-se os resultados dos questionários e apontam-se as melhorias verificadas após a ação de sensibilização, que contribuiu para uma melhoria do desempenho dos funcionários do decorrer do segundo simulacro, tendo contribuído para uma diminuição dos tempos de evacuação e para uma melhoria dos procedimentos de evacuação de edifícios.

Através das pesquisas realizadas foi possível retirar várias ilações, podendo ser concluído, com a junção das mesmas, que as escolas estudadas não estão preparadas para enfrentar uma situação de

emergência, o que poderá traduzir a realidade de várias instituições não só a nível nacional. A esta conclusão estão ligados uma série de problemas detetados como a grande falta de cultura de segurança relativamente à segurança contra incêndios em edifícios, em qualquer idade, o que pressupõe que a formação dada quer a trabalhadores, quer a estudantes não existe ou não é suficiente.

A falta de formação por parte dos trabalhadores foi outras das conclusões retiradas de alguns dos estudos apresentados, contudo, a precaução referida anteriormente não pode debruçar-se somente para com as crianças, uma vez que estas irão precisar de algum tipo de orientação. Os trabalhadores, devem ter acesso a formações para que estejam sempre preparados, atualizados e conscientes de todo o processo de prevenção quer de forma ativa, quer reativa.

A grande parte dos estudos foca-se, de forma errada, somente na evacuação de crianças com no mínimo idades a partir dos três anos, avaliando somente o comportamento das mesmas. Dado isto, é evidente a falta de estudos de evacuação em creches, onde as crianças são menores de três anos e é essencial e indispensável o auxílio de quem por eles é responsável, onde os últimos sim, devem ser observados e avaliados.

### **Análisis de reseñas de apps de transportes públicos: un caso de ciudades andaluzas**

Rocío Hernández Garrido (Universidad de Sevilla), David Perea (Universidad de Málaga), Cinta Pérez Calañas (Universidad de Huelva)

**Resumen:** Este proyecto se centra en examinar las reseñas de apps de transporte público en importantes ciudades de Andalucía. Concretamente, el estudio pretende buscar y comprender los patrones de comportamiento de los usuarios y las características de las ciudades que influyen en el éxito de estos servicios. A través de análisis de datos y minería de opiniones, se pretende proporcionar información valiosa para optimizar la eficacia del transporte público, mejorar la satisfacción del usuario y proponer recomendaciones genéricas. El estudio contribuirá al desarrollo de sistemas de transporte público más eficientes y adaptados a las necesidades de la población en estas localidades andaluzas.

# Ciudades Inteligentes como Ciudades Integradoras: Retos y Limitaciones desde una Perspectiva Jurídica

Manuela Mora Ruiz

Departamento de Derecho Administrativo  
Universidad de Huelva  
Campus el Carmen. Avenida de las Fuerzas Armadas s/n  
21071 Huelva (España)  
manuela@uhu.es

**Resumen- I. Punto de partida: la relevancia del hecho urbano para el desarrollo social. II. Elementos configuradores de la Smart City. III. Retos futuros: las ciudades inteligentes como ciudades integradoras.**

**Palabras Clave- Smart Cities, Ciudad Integradora, Derechos**

## I. PUNTO DE PARTIDA: LA RELEVANCIA DEL HECHO URBANO PARA EL DESARROLLO SOCIAL

El punto inicial de esta comunicación se sitúa en la opinión, prácticamente unánime desde cualquier disciplina, de que la ciudad juega un rol fundamental para las sociedades modernas, y ello desde una perspectiva física, pero, también, en términos sociales y económicos [1]. En este sentido, está generalmente aceptada la creciente importancia de las ciudades, en la medida en que la población de las mismas aumenta de forma imparable. Como ha señalado R. Alonso, las ciudades se consideran realidades complejas, “microcosmos”, en los que se proyecta la mayor parte de los desafíos globales que ha de atender la sociedad en la actualidad [2-3], pero en las que, asimismo, debe darse entrada a las especialidades y características de cada territorio urbano, en lo que aquí interesa.

La consecuencia inmediata de esta afirmación es que los procesos globales necesitan tener en cuenta la perspectiva local y la ciudad parece proveer una dimensión territorial para el desarrollo de un sistema local.

Las Smart Cities surgen, así, como posible alternativa de ordenación urbana para poder ofrecer soluciones ante problemas complejos (agotamiento de los recursos naturales, mayor pobreza y desigualdades sociales y la lucha contra el cambio climático), que precisan enfoques multidisciplinarios, concediendo un espacio propio a la perspectiva jurídica. Debe insistir, así, en el hecho de que la noción de Smart City debe facilitar soluciones holísticas y/o integradoras a los problemas interrelacionados de carácter territorial, ambiental, social y económico que ya están sufriendo los núcleos urbanos.

## II. ELEMENTOS CONFIGURADORES DE LA SMART CITY

En este contexto, las Ciudades Inteligentes se configuran en las políticas públicas como una alternativa a partir de la cual conectar la globalización con las necesidades locales. En este sentido, las soluciones Smart, asociadas a la tecnología, podrían ofrecer mejor educación, mejoras de movilidad o ambientales estrictamente para los territorios locales. Sin embargo, cualquier intento de establecer el estatuto jurídico

de la Smart City debe trascender el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), para ofrecer un concepto complejo de ciudad que garantice en todo caso la sostenibilidad del territorio.

Las ciudades que proponemos no pueden ser meras plataformas digitales para la prestación de servicios a partir de los datos que los ciudadanos ponen a disposición: ha de atenderse a las necesidades de los territorios concretos y, además, debe producirse una transformación conjunta de los roles que ciudadanos y Administración han de asumir en el gobierno de la ciudad, así como de sus mutuas relaciones.

La consecuencia inmediata de este planteamiento es que, como prácticamente de forma unánime reconoce la doctrina, no hay una única Smart City, sino muchas, en función de las llamadas “condiciones smart” implementadas en un territorio concreto, generando diferentes modelos u opciones de crecimiento económico y social, de acuerdo con unos mínimos e irrenunciables parámetros de sostenibilidad ambiental.

Así, en mi opinión, y en orden a favorecer la innovación socio-jurídica que se precisa en los entornos urbanos, la Ciudad Inteligente debe permitir una adecuada transición socio-ecológica de los territorios, garantizando un crecimiento económico asumible desde el punto de vista ambiental con garantía de recursos naturales para las generaciones futuras y construcción de una sociedad inclusiva. Una solución smart para la organización de la vida urbana que no asegure estos elementos no puede considerarse Ciudad Inteligente como construcción innovadora del medio urbano, sino una mera aproximación parcial e insuficiente de organizar de forma diferente los núcleos de población muy determinada por la tecnología.

La consecuencia inmediata de la anterior afirmación no es otra que la necesidad de replantear la ordenación jurídico-administrativa del gobierno local, para afrontar las oportunidades que ofrece la Ciudad Inteligente, y/o buscar alternativas de carácter inclusivo para los elementos caracterizadores de la misma, teniendo en cuenta que una construcción jurídica de esta Ciudad de carácter holístico puede aportar una alternativa frente a los desafíos ambientales y sociales que deben atender los núcleos urbanos, permitiendo que los intereses colectivos tengan diferentes cauces de expresión y reconocimiento. Como contrapartida, las autoridades han de usar otros instrumentos, servicios o estrategias diferentes a los instrumentos de orden y control para el logro del interés general.

### III. RETOS FUTUROS: LAS CIUDADES INTELIGENTES COMO CIUDADES INTEGRADORAS

Sobre la base de lo expuesto, pueden hacerse las siguientes consideraciones finales sobre la concepción de Ciudad Inteligente a la que debe tenderse, en tanto en cuanto la misma se percibe como alternativa para la gestión de los núcleos urbanos, contribuyendo, además, a la consolidación del llamado derecho a la ciudad:

En primer término, las Smart Cities, tienen que considerarse parte de una estrategia más amplia de inteligencia territorial de la sociedad, y que debe posibilitar una transición socio-ecológica de los territorios como una necesidad irrenunciable en tiempos de emergencia climática. No obstante, no se trata de un planteamiento fácil de realizar en un país como el nuestro, dada la diferente dimensión del total de 8131 municipios españoles. Se impone, pues, la consideración del elemento territorial de cada municipio permitiendo la existencia de diferentes modelos de Ciudad Inteligente, y evitando el surgimiento de desigualdades entre las ciudades ricas y pobres.

En segundo lugar, como ya se ha indicado, la Ciudad Inteligente puede constituir una fórmula de innovación de los territorios urbanos, siempre y cuando se implemente bajo el paraguas de la sostenibilidad ambiental.

De otro lado, el derecho tiene un papel clave en la garantía de los intereses de todos los sectores de la sociedad, contribuyendo a una concepción holística de la ciudad y a su ordenación. En mi opinión, la transformación fundamental viene de la mano de la construcción de la ciudad desde el ciudadano y mediante la asunción, por parte de la Administración local, de nuevas funciones como las relacionadas con el Open Data y las posibilidades de información a través de internet.

En este sentido, el actual marco jurídico de la administración local es bastante estrecho para este proceso, si bien existen opciones para que las administraciones locales puedan desarrollar algunas cuestiones (baste pensar en el artículo. 25. 2.ª) LRBRL como una opción para dar impulso a las aludidas soluciones Smart, especialmente en lo relativo a las TICs).

En definitiva, las Ciudades Inteligentes, dentro de los límites del desarrollo sostenible y desde una perspectiva holística, nos están situando en un momento de cambio e innovación socio-jurídica del gobierno local, y de una nueva ciudadanía, en la medida en que estas ciudades pueden configurarse como espacios de organización del entorno urbano con opciones de futuro que han de explorarse. En este sentido, en mi opinión, debe tenderse a un derecho de adaptación y proactivo, que posibilite interiorizar los cambios introducidos por las TICs pero que, a la vez, permita a la sociedad hacer frente a fenómenos tan complejos como el cambio climático, y en el que las categorías y las instituciones jurídicas deben ofrecer soluciones en escenarios fácilmente mutables desde la perspectiva ambiental, social y económica.

#### REFERENCIAS

[1] MORA RUIZ, M., “La ordenación futura de las ciudades como innovación jurídico-social: ¿hacia las ciudades inteligentes?”, en MORA RUIZ, M. (Dir.), *Smart Cities, innovación social y jurídica o el reto de la transición ecológica*, Ed. Tirant Lo Blanch, Valencia, 2021, pp. 291-331.

[2] M<sup>a</sup> R. Alonso Ibañez, “Presentación”, en M<sup>a</sup> R., Alonso Ibañez (Dir.), *Retos del desarrollo urbano sostenible*, Ed. Tirant Lo Blanch, Valencia, 2018, p.19.

[3] J. Gifreu Font, “Derecho a la Ciudad y Derechos en las ciudades (Especial referencia al derecho a la vivienda como antesala del Derecho a la Ciudad”, Ponencia presentada en XV Congreso AEPDA, Febrero 2020, p.20, <<http://www.aepda.es/AEPDAEntrada-2518-XV-CONGRESO-DE-LA-AEPDA.aspx>>, [Último acceso, 25 de enero de 2021], p. 2.

# De la “Smart City” al “Smart Tourism Destination”

El modelo español de gestión estratégica para destinos turísticos inteligentes.

Dra. Lidia Andrades Caldito

Departamento Dirección de Empresas y Sociología  
 Universidad de Extremadura  
 Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales  
 Universidad de Extremadura  
 Avda. de Elvas, s/n  
 06071, Badajoz  
 andrades@unex.es

**Resumen-** El concepto de ciudad inteligente puede extrapolarse a un ámbito territorial más amplio: el destino turístico. La gestión estratégica de destinos turísticos plantea retos con respecto a la gestión inteligente de una ciudad. En España, SEGITTUR, empresa pública vinculada a la Secretaría de Estado de Turismo, desarrolló el modelo DTI: modelo normalizado de gestión estratégica inteligente para destinos turísticos, estructurado en 5 pilares fundamentales: tecnología, innovación, gobernanza, sostenibilidad y accesibilidad. Cada pilar se concreta en ámbitos de actuación, para los que se definen grupos de objetivos, especificados a través de requisitos a cumplir por los destinos adheridos al modelo. Además, ofrece para cada requisito unos indicadores para monitorizar su cumplimiento. Consiguientemente, el Modelo DTI concreta y operacionaliza el concepto de gestión territorial inteligente como nunca se había hecho, ofreciendo a los gestores territoriales una guía detallada para afrontar los procesos de digitalización ineludibles para mejorar su competitividad y sostenibilidad.

**Palabras Clave-** Smart Cities, Smart Tourism Destination, gestión estratégica, Tecnología, Innovación, Gobernanza, Accesibilidad, Sostenibilidad, Competitividad Turística.

## I. INTRODUCCIÓN: LOS RETOS ACTUALES EN LA GESTIÓN DE LAS CIUDADES

La polución derivada del tráfico en las ciudades, el reto de la movilidad sostenible, la contaminación ambiental, acústica, lumínica, etc., la gestión de residuos, la gestión de los recursos hídricos agravada por su escasez, derivada de los periodos cada vez más frecuentes de sequías vinculadas al cambio climático, la gestión de la seguridad, la sanidad, o la accesibilidad universal, y por supuesto, la gobernanza transparente, eficiente y participativa que conjugue y alinee los intereses de los distintos grupos de interés que conviven en las ciudades: empresas, asociaciones de vecinos, comerciantes, profesionales, etc., todos esos son algunos de los retos que las ciudades del siglo XXI deben afrontar [1]. Socialmente se desea que las ciudades sean espacios de convivencia sostenibles que preserven su patrimonio ambiental y patrimonial, la identidad cultural local, las tradiciones singulares del territorio, que ofrezcan además de salubridad, bienestar socioeconómico, empleo digno y calidad de vida para sus residentes, favoreciendo una economía circular [2]. Para lograr estos fines, los gestores municipales cuentan hoy en día con herramientas tecnológicas sin precedentes [3]. En la última década hemos asistido a una revolución tecnológica que ha puesto a disposición de los gestores herramientas para optimizar la

toma de decisiones, como algoritmos vinculados a la Inteligencia Artificial (IA), la posibilidad de integrar y analizar datos masivos (Big Data y Técnicas Matching Learning, Data Mining, etc.); o instrumentos para mejorar e innovar en la prestación de servicios y desarrollo de productos que ofrecen a los ciudadanos, como sensores que minimizan consumo eléctrico, de agua, Robots y Chatbots que permiten automatizar procesos, Realidad Virtual o Aumentada que posibilitan mejorar la experiencia de los usuarios de los servicios ofrecidos en la ciudad; o la posibilidad de usar tecnología Blockchain para aumentar la seguridad de las transacciones digitales.

Las tecnologías mencionadas solo representan una mínima parte de las tecnologías existentes que pueden facilitar la gestión sostenible, eficiente y más competitiva de las ciudades. Pero introducir estas tecnologías para resolver los retos de gestión que deben abordar actualmente las ciudades implica disponer de recursos económicos y humanos capacitados para liderar la digitalización inteligente de las ciudades. La disposición o no de estos recursos económicos, humanos y tecnológicos abrirá en los próximos años una brecha diferenciadora entre ciudades gestionadas de forma inteligente y ciudades que persisten en los modelos y herramientas de gestión tradicionales [4].

En la siguiente sección se introduce el concepto de ciudad inteligente, para a partir de éste presentar el concepto de Destino Turístico Inteligente. También se describe, en el caso español, el Modelo de Gestión estratégica de Destinos Inteligentes (DTI), desarrollado en la última década por SEGITTUR [5], Sociedad Mercantil Estatal para la Gestión de la Innovación y las Tecnologías Turísticas, S.A.M.P., vinculada a la Secretaría de Estado de Turismo, que tiene por misión impulsar la innovación y la adopción tecnológica en el sector turístico. El Modelo DTI ha sido adoptado en la actualidad por más de 300 destinos turísticos españoles que se agrupan en la denominada Red DTI<sup>1</sup> [6]. Por último, se ofrece una reflexión sobre la gestión inteligente de destinos turísticos, los desafíos futuros que plantea, proponiendo posibles líneas de investigación a explorar.

<sup>1</sup> <https://www.destinosinteligentes.es/que-es/>

## II. DESDE LA “SMART CITY” AL CONCEPTO DE “SMART TOURISM DESTINATION”

Según establece la International Standardization Organization (ISO) una ciudad puede ser considerada “Smart City” cuando logra responder y encontrar soluciones a sus problemas involucrando a la sociedad en su conjunto, a través de un estilo de liderazgo que promueve una gobernanza participativa, permitiendo a la ciudad progresar a un ritmo superior al resto de ciudades de su entorno en materia de sostenibilidad. Entre los desafíos que debe enfrentar una ciudad ISO contempla la sobrepoblación, el envejecimiento poblacional, el fomento de la igualdad de oportunidades, la mejora de la calidad de vida de sus ciudadanos, el cambio climático, la gestión de recursos naturales y residuos, la inestabilidad económica y/o política, la preservación medioambiental y cultural, entre otros. Estas ciudades inteligentes se caracterizan por adoptar enfoques multidisciplinares que, apoyados en las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, mejoran la calidad de los servicios para residentes y visitantes [7]. Para facilitar la gestión de las “Smart Cities” ISO identifica y desarrolla una batería de indicadores que los gestores pueden monitorizar al transformar el modelo de gestión de su ciudad en un modelo inteligente de base tecnológica [8], que incorpore soluciones técnicas junto con el análisis del Big Data (datos masivos contenidos en las distintas plataformas de la ciudad, que deben ser interoperables para posibilitar análisis cruzados) para obtener información relevante para la toma de decisiones, mejorando la gobernanza de la ciudad. Esta batería de indicadores contempla los distintos ámbitos relacionados con la gobernanza de la ciudad [9]: la gestión, seguimiento, y control financiero de todos los servicios que ofrece como la seguridad, el transporte, el abastecimiento de energía, agua, y telecomunicaciones, la seguridad alimentaria y agricultura local, la promoción de la salud, la planificación urbanística y la vivienda, las condiciones sociales, económicas y ambientales, la oferta de educación, ocio, deporte y cultura, la gestión residuos sólidos y aguas residuales, etc. También se monitoriza la resiliencia de la ciudad y como su gestión contribuye a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible [10], y la minimización del cambio climático [8].

En España, la actividad turística constituye uno de los pilares de su economía, por contribución al PIB [11], por generación de empleo [12], y por su reconocido efecto tractor sobre otros sectores económicos. En 2019 España recibió más de 83 millones de turistas internacionales, cifra que se vio reducida durante la pandemia pero que se ha ido recuperando tras ella [13]. Indudablemente estas cifras representan un reto de gestión para las ciudades que estacionalmente se ven forzadas a acoger y prestar servicios a este gran volumen de turistas que anualmente visitan España. Según los informes publicados por el Foro Económico Mundial (WEF) desde 2015 a 2019, España fue valorado como el país más competitivo del mundo a nivel turístico [14, 15, 16], si bien en su último informe el WEF prima el desarrollo sostenible de los destinos respecto a otras variables determinantes de la competitividad de estos. Y es en este último informe, publicado en 2021, donde España pierde su posición hegemónica, quedando relegada a un tercer puesto en el ranking de desarrollo turístico elaborado por el WEF [17]. La clave de futuro es que para ser

competitivos los destinos deben ser sobre todo sostenibles en su dimensión ambiental, cultural, económica y social [18]. Para responder a este desafío, España viene preparándose desde la última década, durante la que ha trasladado el concepto de “Smart City”, desarrollado en nuestro país por UNE Norma Española [19], y adaptándolo por iniciativa de SEGITTUR al contexto de los destinos turísticos, a partir del comité CTN 178 [20] de UNE. Fruto de esta colaboración, se han articulado las siguientes UNEs: UNE178501 que estructura el sistema de gestión inteligente de destinos [21]; UNE178502, que ofrece una batería de indicadores para la monitorización de la gestión inteligente de destinos [22]; UNE 178503, que aborda el tema de la semántica en el contexto de los destinos inteligentes [23]; UNE 178504, que regula la digitalización de los hoteles [24]; UNE 178505, que ofrece un marco de trabajo común para la creación de webs de destinos turísticos [25]; UNE 178506, sobre posicionamiento en buscadores de las webs de destinos turísticos [26]; UNE 178507, que regula la conexión wifi en playas [27]; UNE 178508, que formula un modelo para aplicaciones (apps) de destino turístico [28]; y UNE 178511, que sienta las bases para la aplicación del modelo de capas de la Plataforma Inteligente de Destinos (PID) [29].

El Modelo de gestión estratégica para Destinos Turísticos Inteligentes (DTI) propuesto por SEGITTUR y estandarizado en colaboración con UNE, se alinea con la conceptualización que el mundo académico ha formulado en los últimos años para los “Smart Tourism Destinations” (STD), siendo la tecnología, la sostenibilidad, la gobernanza y la habitabilidad de los destinos los pilares básicos en los que los investigadores estructuran la gestión de los STD [30].

En particular, el modelo de gestión estratégica DTI propuesto por SEGITTUR identifica cinco pilares básicos sobre los que los destinos deben actuar: Innovación, Tecnología, Gobernanza, Accesibilidad y Sostenibilidad. Cada uno de los pilares se articula en diferentes ámbitos de acción que a su vez concretan baterías de requisitos a cumplir por los destinos y sus correspondientes indicadores de cumplimiento, ofreciendo así una guía detallada a los destinos para asistirles a lo largo del proceso transformador que supone la digitalización de estos, para lograr ser espacios más sostenibles, habitables y competitivos a nivel turístico.

Adoptar e implementar el Modelo DTI implica para los destinos realizar un diagnóstico inicial, valorando la situación de partida del destino, en cada uno de los pilares del modelo, y formulando a partir de ese análisis los objetivos, estrategias y acciones a acometer para cumplir con los distintos requisitos que establece el modelo, y conseguir convertirse de este modo en verdaderos destinos turísticos inteligentes.

Para más detalles sobre el modelo DTI, se podrá consultar en la próxima primavera 2024, el libro “The Spanish Model for Smart Tourism Destination Management: A Methodological Approach”, que publicará SPRINGER en Open Access, dentro de la serie “Tourism, Hospitality & Event Management”, editado por la autora de este trabajo junto con Enrique Martínez Marín, actual presidente de SEGITTUR y Carlos Romero Dexeus, Dr. De Innovación, Investigación y Desarrollo Turístico de SEGITTUR.

### III. CONCLUSIONES

La migración del concepto de ciudad inteligente a destino inteligente representa una evolución natural del concepto de ciudad inteligente, que se adapta a la demarcación territorial del destino, que no tiene porqué coincidir con la de una ciudad, y al hecho de que los servicios que ofrece no van dirigidos exclusivamente a los ciudadanos, sino también a los turistas.

España es un país pionero a nivel mundial en el desarrollo y operacionalización del concepto de destino turístico inteligente. La trayectoria del país como destino turístico altamente competitivo a nivel mundial explica no solamente el importante peso que la actividad turística tiene en el PIB, sino también indica una alta capacidad de gestión y profesionalización del sector.

No obstante, frente a la ventaja competitiva que el país ha exhibido en los últimos años, existen desafíos importantes en materia de sostenibilidad que de no afrontarse correctamente podrían relegar al país como destino turístico aspiracional.

En este sentido el modelo DTI de SEGITTUR ofrece a los entes gestores de los destinos turísticos una herramienta de gestión muy potente, para asistirles en el proceso de digitalización del destino, que les permitirá afrontar con éxito el reto de ser más sostenibles, tanto ambiental como cultural, social y económicamente.

En relación al ámbito académico, la metodología DTI representa una integración de las aportaciones existentes en materia de gestión inteligente de destinos, y la futura publicación de la metodología abrirá numerosos frentes de investigación, posibilitando una revisión de los requisitos contemplados por el modelo, pudiendo surgir nuevas propuestas que integren las necesidades de los destinos y los nuevos desafíos que el sector identifique.

### REFERENCIAS

- [1] S. Fatorić & E. Seekamp. "Securing the future of cultural heritage by identifying barriers to and strategizing solutions for preservation under changing climate conditions". *Sustainability*, vol. 9, pp. 2143, 2017.
- [2] European Commission. "Smart cities and Communities – European Innovation Partnership". 4701 final, Brussels, 2012.
- [3] European Parliament. "Mapping Smart Cities in the EU". Directorate-General for Internal Policies, Policy Department, Economic and Scientific Policy, 2014.
- [4] M. Sharma, R. Gupta, R. Sehrawat, K. Jain & A. Dhir. "The assessment of factors influencing Big data adoption and firm performance: Evidence from emerging economy". *Enterprise Information Systems*, pp. 2218160, 2023.
- [4] S. Shafiee, A.R., Ghatari, A. Hasanzadeh, & S. Jahanyan. "Smart tourism destination: a systematic review". *Tourism Review*, vol. 76, n.3, pp. 505-528, 2022.
- [4] R. Pellaton, E., Lellei-Kovács, & A. Báldi, "A. Cultural ecosystem services in European grasslands: A systematic review of threats". *Ambio*, vol. 51, pp. 2462–2477.
- [5] SEGITTUR. "Libro Blanco de los Destinos Turísticos Inteligentes", 2015.
- [6] SEGITTUR. Protocolo general de actuación para la participación, impulso, apoyo y promoción de la Red DTI. 13 de Julio de 2023.
- [7] ISO 37120. "Sustainable cities and communities". 2018.
- [8] ISO 37123. "Sustainable cities and communities. Indicators for resilient cities". 2019.
- [9] ISO 37122. "Sustainable cities and communities Indicators for smart cities". 2019.
- [10] United Nations. "Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development" 2015.
- [11] EXCELTUR. "Perspectivas Turísticas". Vol. 83 Enero, 2023.
- [12] MINECO. "Uno de cada cuatro nuevos empleos que crea la economía española está vinculado al turismo. EPA segundo trimestre de 2023". Nota de prensa, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2023.
- [13] MINECO. "Datos de FRONTUR y EGATUR del INE: España cierra 2019 con un nuevo récord de turistas internacionales y un gasto superior a los 92.200 millones de euros". Nota de prensa, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2020.
- [14] World Economic Forum (WEF). "The travel and tourism competitiveness report: Growth through shocks". 2015.
- [15] World Economic Forum (WEF). "The travel and tourism competitiveness report: Paving the way for a more sustainable and inclusive future". 2017.
- [16] WEF. "The travel and tourism competitiveness report: Travel and Tourism at a Tipping Point". 2019.
- [17] WEF. "Travel & Tourism Development Index 2021: Rebuilding for a Sustainable and Resilient Future". 2021.
- [18] World Travel and Tourism Council (WTTC). "Travel and Tourism Economic Impact 2022. Global Trends". August 2022.
- [19] AENOR. "El papel de las normas en las ciudades inteligentes." Informes de Normalización. Madrid: Comité AEN/CTN 178, 2014.
- [20] UNE. "CTN 178 Ciudades inteligentes". La Revista de la Normalización Española. Vol. 32, enero 2021.
- [21] UNE. "UNE 178501: Sistema de Gestión de Destinos Turísticos Inteligentes. Requisitos". 2018.
- [22] UNE. "UNE 178502: Indicadores y herramientas de los destinos turísticos inteligentes". 2018.
- [23] UNE. "UNE 178503: Semántica aplicada a los destinos turísticos inteligentes". 2022.
- [24] UNE. "UNE 178504: Hotel digital, inteligente y conectado (HDIC) a plataformas de destino turístico inteligente/ciudad inteligente. Requisitos y recomendaciones". 2019
- [25] UNE. "UNE 178505: Marco de trabajo para la creación de webs de destino turístico". 2022.
- [26] UNE. "UNE 178506: Metodología para la optimización del posicionamiento en buscadores (SEO) de webs de destinos turísticos". 2022.
- [27] UNE. "UNE 178507: Aplicaciones de la conexión wifi en playas". 2022.
- [28] UNE. "UNE 178508: Modelo de aplicaciones (apps) de Destino Turístico para dispositivos móviles". 2022.
- [29] UNE. "UNE 178511: Guía para la aplicación del modelo de capas de la Plataforma Inteligente de Destino". 2023.
- [30] E. Sorokina, Y. Wang, A. Fyall, P. Lugosi, E. Torres and T. Jung, "Constructing a smart destination framework: A destination marketing organization perspective". *Journal of Destination Marketing & Management*, Vol. 23, 2022.

# Tecnología inmersiva aplicada a la educación a distancia e híbrida

Beatriz Peña Acuña

Área de Didáctica, Facultad de Educación

Universidad de Huelva

Campus el Carmen. Avenida de las Fuerzas Armadas s/n

21071 Huelva (España)

beatriz.pa@dfilo.uhu.es

**Resumen-** Esta disertación contiene se propone examinar hasta qué punto se ha extendido la tecnología inmersiva en la educación universitaria en el marco de la educación online e híbrida en el campo de la Salud. Este uso fue impulsado en parte a las circunstancias de la pandemia. Se procedió a efectuar una revisión sistemática de la literatura académica, valiéndose de las bases de datos Dialnet, Scielo y ERIC, centrándose en los artículos científicos publicados durante los 10 últimos años. Los hallazgos obtenidos denotaron que la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Mixta (RM) ejercen un efecto positivo en facilitar y memorizar contenidos, mejorar la actitud y propiciar la interacción con artilugios digitales en la población estudiantil universitaria. A pesar de los beneficios observados, se trata de un campo emergente en el que es necesario una profundización mixta a través de investigaciones evaluativas acerca de la eficacia didáctica de estas herramientas inmersivas.

**Palabras Clave-** Realidad aumentada, Realidad virtual, Educación online

## I. INTRODUCCIÓN

Es crucial destacar que, a pesar de los notables avances tecnológicos, la educación no siempre ha mantenido el mismo ritmo de adopción y no ha aprovechado plenamente las ventajas ofrecidas por estas tecnologías en el contexto educativo. En este sentido, la mera incorporación de herramientas digitales, como tabletas, teléfonos inteligentes o software educativo, si bien indudablemente valiosas, no garantiza por sí sola la eficacia en su utilización. Resulta fundamental explotar su potencial al máximo en términos de motivación, compromiso educativo, construcción de significados y obtención de resultados de alta calidad.

No obstante, como se mencionó previamente, el ámbito educativo aún no ha adoptado en su totalidad las últimas herramientas tecnológicas, a pesar de su familiaridad para los estudiantes. Cabe resaltar que, aunque estas tecnologías, como la Realidad Aumentada (en adelante RA) y la Realidad Mixta (en adelante RM), han sido empleadas por los jóvenes en juegos y actividades recreativas durante varios años, su integración en el entorno educativo sigue siendo limitada. A pesar de la existencia de estudios que han subrayado los beneficios de estas tecnologías en el proceso educativo, su aplicación en el ámbito educativo se encuentra restringida. Por lo tanto, resulta imperativo mantenerse al tanto de esta evolución tecnológica a fin de evitar que el proceso educativo se convierta en un desafío desmotivador para los estudiantes.

La pregunta de investigación que surge es la siguiente: ¿se refleja en los artículos científicos intervenciones con tecnología de RA y RM en la educación a distancia e híbrida universitaria en el campo de la Salud?

## II. LAS TECNOLOGÍAS INMERSIVAS EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO

La realidad aumentada (AR), la realidad virtual (VR) y la realidad extendida (XR) están aportando numerosas posibilidades y soluciones en el campo de la medicina. Aquí se mencionan algunas de las formas en que se están utilizando en la universidad en estudios de salud (Ifema, 2022) [1]:

-Formación: Uno de los beneficios más destacados de la tecnología VR y AR en la medicina es en el campo de la formación, tanto en el plano teórico como en el práctico. Los estudiantes de medicina pueden estudiar los órganos del cuerpo humano en modelos 3D. Por ejemplo, la empresa Touch Surgery, que trabaja con residentes de la Escuela de Medicina de Stanford y de Harvard, cuenta con un archivo virtual con más de 200 vídeos VR para que los estudiantes puedan realizar viajes inmersivos por dentro del cuerpo humano.

-Simuladores: En el plano formativo, Osso VR ha desarrollado experiencias inmersivas con productos hápticos, como guantes con retroalimentación táctil, para mejorar la capacitación y las evaluaciones de las intervenciones quirúrgicas de estudiantes de medicina de la Universidad de Vanderbilt.

-Mayor precisión en las intervenciones quirúrgicas: Gracias a la robótica y los entornos virtuales, se puede lograr una mayor precisión en las intervenciones quirúrgicas.

-Programas para sensibilizar a los pacientes antes de una operación: La realidad aumentada también se utiliza para preparar a los pacientes antes de una operación.

Aunque los beneficios de la Realidad Virtual (VR) y Realidad Aumentada (AR) en la medicina están siendo promovidos por hospitales, centros de investigación y universidades, todavía hay algunos escollos a los que se enfrentan la industria y la tecnología para su masiva implantación<sup>1</sup>.

Se detecta un creciente interés en la integración de la realidad aumentada (RA) y la realidad mixta (RM) en la educación universitaria en los últimos años que se ha visto respaldado por la investigación (Calderón et al., 2023[1]; Bazavan et al., 2021[2]). Estas tecnologías se destacan por su capacidad para establecer entornos de aprendizaje inmersivos, lo que ha demostrado mejorar la comprensión y retención del contenido educativo (Hanson et al., 2019[3]). De este modo, ofrecen experiencias educativas más interactivas (Peña-Acuña & Martínez-Sala, 2022 [4]; Peña-Acuña, 2023) [5] y envolventes que conllevan beneficios, tanto para los estudiantes como para el enriquecimiento del proceso de enseñanza en el ámbito universitario, como han observado investigadores previos (Gudoniene & Rutkauskienė, 2019[6]; Sousa et al., 2021[7]).

No obstante, es importante señalar que, a pesar de la familiaridad que los jóvenes tienen con estas herramientas, a veces se genera confusión entre los docentes. Esto se debe a que, en ocasiones, los docentes pueden percibir similitudes entre la RA y la RM e incluso llegar a considerarlas sinónimas, lo cual puede estar influenciado por el contexto cultural y las experiencias personales de los propios docentes, como se ha indicado en investigaciones anteriores (García & García, 2020[8]; Cupitra-García & Duque-Bedoya, 2018[9]).

### III. LAS TECNOLOGÍAS INMERSIVAS UTILIZADAS EN SALUD

Se destacarán tres estudios de caso que hemos seleccionado a partir de la revisión documental. El criterio de selección se debe a que se han sido catalogados por los investigadores como intervenciones de buenas prácticas.

Thomas et al. (2010) [10] ya defendían las ventajas de impartir Anatomía mediante la RA. En la misma línea, es particularmente relevante el estudio llevado a cabo por Nuanmeesri et al. (2019) [11] bajo el título "Augmented Reality to Teach Human Heart Anatomy and Blood Flow". En este estudio, se desarrolló una herramienta de realidad aumentada (RA) con el propósito de mejorar la enseñanza de la anatomía del corazón humano y el proceso de flujo sanguíneo. Esta herramienta fue sometida a evaluación por expertos antes de su aplicación en estudiantes, quienes participaron en un pre-test y un post-test. La población estudiantil se dividió en dos grupos: uno conformado por 30 estudiantes que utilizaron la herramienta de RA y otro grupo de 30 estudiantes que emplearon recursos tradicionales, como medios impresos, imágenes y videos.

Mediante un análisis cuantitativo, se observó que el grupo de estudiantes que se benefició de la herramienta de RA obtuvo calificaciones superiores en comparación con el grupo de control que utilizó los medios tradicionales. Es importante destacar que, para el desarrollo de este estudio, se emplearon dispositivos móviles como herramientas tecnológicas.

Burke et al. (2017) [12] realzan el uso de la Realidad Mixta (en adelante RM) para entrenar a los futuros cirujanos en intervenciones como suplemento al uso de cadáveres. En este caso la tecnología a medio plazo pueda mostrarse más ventajosa económicamente que el analógico, puesto que el

recurso analógico implica una mayor infraestructura y coste de mantenimiento para las facultades de Medicina.

Constituye una amenaza en constante aumento para la salud pública china la resistencia a los antimicrobianos (RAM). En este contexto, la realidad aumentada (RA) para Zhu et al. (2018) [13] se vislumbra como una posible herramienta educativa con potencial aplicación en el ámbito del cuidado de la salud. Se trata de una intervención para dar solución a la problemática de que se promociona la prescripción inapropiada por parte de los médicos de atención primaria cuando recomiendan un uso excesivo de antimicrobianos a los pacientes. El presente estudio consiguió identificar las necesidades educativas de formación permanente y las expectativas en torno a una educación basada en RA, con el fin de mejorar el uso razonable de antibióticos.

Para llevar a cabo esta investigación, se adoptó un enfoque cualitativo a través de entrevistas fueron analizados utilizando un enfoque de análisis temático híbrido. En este contexto, se implementó el marco de diseño conceptual mediante móvil con RA con fin educativo (MARE). Los resultados revelaron una variedad de necesidades de aprendizaje por parte de los médicos en relación con el uso apropiado de antibióticos. Además, sus expectativas en cuanto a una intervención educativa basada en RA abarcaron aspectos que incluían la estructura de los contenidos, los recursos de aprendizaje, los entornos de formación y las actividades de aprendizaje.

Los hallazgos del estudio indicaron que, en general, los médicos no solo carecían de familiaridad con las directrices nacionales sobre el uso de antibióticos y los patrones locales de resistencia a los antimicrobianos, sino que también enfrentaban desafíos asociados con sus propios paradigmas de toma de decisiones. Además, destacaron conocimientos significativos y expectativas en relación con la posibilidad de una educación basada en RA centrada en la resistencia a los antimicrobianos.

### IV. CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación reflejaron que tanto la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Mixta (RM) han sido utilizadas en la praxis educativa en línea e híbrida, así como han sido evaluadas en el campo de la Salud. Incluso se encontraron que más tecnologías inmersivas que se suman: la Realidad Virtual (RV) y la Realidad extendida. Estos resultados, por tanto, contestan a la pregunta de partida con amplitud de miras.

Además, estos estudios aprecian que estas tecnologías ofrecen aspectos beneficiosos. Primero, estas tecnologías desempeñan un papel positivo en la asimilación y facilitación de la esfera cognitiva: memorización de contenidos, incorporando incluso constructos más abstractos como es conducirse bajo un paradigma. Asimismo, estas herramientas impactan en la actitud estudiantil de forma positiva. Si cabe se promociona las destrezas digitales puesto que se incrementa la interacción con los artilugios en el contexto de la educación universitaria e incluso en la formación permanente. Además, se presentan como recursos que a medio plazo pueden suponer un ahorro económico en el

presupuesto de infraestructuras para las instituciones educativas. En resumen, se trata de un campo de estudio en expansión.

#### AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma parte del proyecto europeo (KA220-HED) cuyo título es *Digitalisation of multilingual programs in the EHEA (DIMPE)* <https://dimpe.inerciadigital.com/>. Este proyecto está financiado por el Programa Europeo Erasmus+ tipo KA2 *Cooperation partnerships in higher education* en la convocatoria de 2021. Referencia KA220-HED-BB0397DB.

#### REFERENCIAS

- [1] IFEMA (junio, 2022). Realidad Virtual y Aumentada en la medicina – IFEMA Madrid. <https://www.ifema.es/noticias/salud/realidad-virtual-y-aumentada-usos-en-medicina>
- [2] Calderón, R., Yáñez-Romero, M., Davila, K., y Beltrán, C. (2023). Realidad virtual y aumentada en la educación superior: experiencias inmersivas para el aprendizaje profundo. *RELIGACION Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 8(37). <https://doi.org/10.46652/rgn.v8i37.1088>
- [3] Bazavan, L., Horatiu, R., Florina, P., Stefan, C., y Bizdoaca, G. (2021). Virtual Reality and Augmented Reality in Education. *Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE)*. Prague, Czech Republic. <https://doi.org/10.1109/EAEEIE50507.2021.9531005>
- [4] Hanson, J., Andersen, P., & Dunn, P. (2019). Effectiveness of three-dimensional visualisation on undergraduate nursing and midwifery students' knowledge and achievement in pharmacology: A mixed methods study. *Nurse Education Today*, 81, 19-25. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2019.06.008>
- [5] Peña-Acuña, B. & Martínez-Sala, A. M. (2022). Cuentos de Realidad Aumentada para el aprendizaje de la lengua. *Porta Linguarum*, 37, 291-306.
- [6] Peña-Acuña, B. (2023). El cuento de Realidad Aumentada como recurso didáctico multimodal. *Human Review. International Humanities Review/Revista Internacional de Humanidades*, 17(4), 1-13. <https://doi.org/10.37467/revhuman.v12.4752>
- [7] Gudoniene, D., & Rutkauskienė, D. (2019). Virtual and Augmented Reality in Education. *Baltic Journal of Modern Computing*, 7(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.22364/bjmc.2019.7.2.07>
- [8] Sousa, R., Campanari, R., y Rodrigues, A. (2021). La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. *Revista Científica General José María Córdova*, 19(33), 223-241. <https://doi.org/https://doi.org/10.21830/19006586.728>
- [9] García, J., y García, S. (2020). Uso de herramientas digitales para la docencia en España durante la pandemia por COVID-19. *Revista Española de Educación Comparada*, 38(extra-2021), 151-173. <https://doi.org/https://doi.org/10.5944/reec.38.2021.27816>
- [10] Cupitra-García, A., & Duque-Bedoya, E. (2018). Profesores aumentados en el contexto de la realidad aumentada: una reflexión sobre su uso pedagógico. *El Ágora U.S.B.*, 18(1), 245-255. <https://doi.org/https://doi.org/10.21500/16578031.3178>
- [11] Thomas, R. G., William John, N., & Delieu, J. M. (2010). Augmented reality for anatomical education. *Journal of visual communication in medicine*, 33(1), 6-15. <https://doi.org/10.3109/17453050903557359>
- [12] Nuanmeesri, S., Kadmateekarun, P., & Poomhira, L. (2019). Augmented Reality to Teach Human Heart Anatomy and Blood Flow. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 18(1), 15-24. <https://doi.org/https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1201643.pdf>
- [13] Burke, E., Felle, P., Crowley, C., Jones, J., Mangina, E., & Campbell, A. G. "Augmented reality EVAR training in mixed reality educational space". In *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1571-1579). IEEE, 2017.
- [14] Zhu, E., Fors, U., & Smedberg, Å. (2018). Understanding how to improve physicians' paradigms for prescribing antibiotics by using a conceptual design framework: a qualitative study. *BMC Health Services Research*, 18(1), 1-16.

# Recycled powder from clay bricks and a reusable biopolymer as components of hybrid mats for oil structuring applications

M.A. Martin-Alfonso<sup>1</sup>, J.F. Rubio-Valle<sup>2</sup>, J.E. Martín-Alfonso<sup>3</sup>.

Chemical Product and Process Technology Research Center (Pro2TecS), Department of Chemical Engineering and Materials Science, ETSI, University of Huelva, 21071 Huelva, Spain.

<sup>1</sup>manuelantonio.martin@diq.uhu.es, <sup>2</sup>josefernando.rubio@diq.uhu.es, <sup>3</sup>jose.martin@diq.uhu.es.

**Abstract-** Sustainability is one of the most important fields for scientists. In fact, most people have become aware and currently try to contribute to the care of the environment. Recycling is a possible solution for the decrease of pollution. Moreover, using sustainable materials we can decrease the impact of industrial products on environment. Traditional lubricating greases are manufactured using mineral oils like fluids and metallic soaps as thickeners. This work proposes the employment of a reusable biopolymer (cellulose acetate) and recycled clay brick powder in order to obtain hybrid mats through electrospinning, subsequently utilized to thicken used extra virgin olive oil. The electrospun recycled cellulose acetate will be compared to the electrospun commercial cellulose acetate and the behaviour of the developed gel-like dispersions will be evaluated.

**Keywords-** Recycling, cellulose, clay, lubricant, grease.

## I. INTRODUCTION

Global concern about climate change and pollution has reached scientists researches toward sustainable materials due to the environment current situation. The lubrication field is not an exception and lubricating greases should undergo a transformation. The American Society for Testing and Material defines a lubricating grease as “a solid to semifluid product of dispersion of a thickening agent in liquid lubricant”. Traditional lubricating greases are generally manufactured with metal soaps as thickeners and mineral oil like base fluid, although this method is not advisable regarding sustainability. Therefore, scientists try to find better environmental friendly alternatives: on the one hand, some researches propose the use of vegetable oil instead of mineral oil [1]. On the other hand, we can study the use of biopolymers as thickening agents [2]. Electrospinning is currently a interesting technique to obtain polymer structures which we try to use like thickeners [3]. Indeed, cellulose acetate exhibit good behaviour for electrospinning. Furthermore, hybrid materials have collected much importance because of their specs. They are created joining an organic material (for example a polymer) with an inorganic one (e. g. a clay), and this joining can produce a synergical effect, improving the capabilities of both isolated materials. Thus, we can develop a hybrid thickener by electrospinning using a polymer and a clay. In fact, cellulose

acetate-nanoclay fibers have already been obtained by electrospinning. Moreover, we suggest the use of recycled materials for all the process. Recycling contributes to decrease environmental pollution and the impact of humans industrial processes, by using the same materials and resources again for other products. This also contributes to the Sustainable Development Goals. Hence we will develop gel-like dispersions as lubricating greases, based on used extra virgin olive oil (a typical residue in Spanish homes) and a hybrid thickener polymer/clay, using recycled cellulose acetate and clay coming from an also recycled clay bricks.

## II. EXPERIMENTAL

### A. Materials

Recycled cellulose acetate (RCA) was firstly cutted and then milled, facilitating the dissolution. Commercial cellulose acetate (CCA) was purchased from Sigma-Aldrich (30 kDa). The clay brick was brokened using a hammer and afterwards maked powder with a mortar.

The solvents, dimethylformamide (DMF, Merck Sigma-Aldrich) and acetone (Ac, Merck Sigma-Aldrich) were used without further purification.

To obtain gel-like dispersions with electrospun fibers mats, olive oil was only filtered. A traditional lithium lubricating grease (Bellota, Spain) was used for the sake of comparison.

### B. Blend solutions preparation

Cellulose acetate and clay powder (CP) were dissolved in a binary solvent mixture of DMF:Ac 1:2 (wt./wt.), by magnetic stirring for 3 hours at room temperature. After stirring, solutions were sonicated at maximum intensity for 10 minutes. The pure polymer solutions prepared have concentrations of 15% (wt./wt.) (15CCA and 15RCA). The hybrid solution have the same polymer concentration and a 10 wt.% load of CP, referred to the polymer (15RCA-10CP).

### C. Electrospinning layout

CA/clay solutions were electrospun in a DOXA Microfluidics cabinet (Málaga, Spain), using a metallic needle syringe with inner diameter 0.90 mm and outer diameter 1.2 mm, with a horizontal layout. Our conditions for electrospinning were: voltage=15-17 kV, flow rate=0.6 ml/h, tip-to-collector distance=15 cm, temperature = 22-24 °C) and relative humidity ~55 %.

### D. Nanostructure study

A FlexSEM 1000 II microscope (Hitachi, Japan) and a JEOL microscope JSM-5410 were utilized to study the morphology of fiber mats, coating the surface of the samples with gold previously.

### E. Thermogravimetric analysis (TGA)

Mass loss analysis for electrospun mats were obtained by using a Q-50 thermogravimetric analyzer (TA Instruments) under nitrogen atmosphere. ~5 mg of sample were placed in a platinum pan and heated from 30 to 600 °C at a rate of 10 °C/min.

### F. Gel-like dispersions

Nanostructures were dispersed in oil with the help of a stirrer RW20 (IKA, Germany) in an open container using an anchor impeller, at 60 rpm for 30 minutes at room temperature (~23 °C). We maintained the same concentration of the nanostructures as thickeners (5 wt,%). Greases were left resting 24 h before rheological and tribological characterization.

### G. Rheological and tribological characterization

The stress-controlled rheometer Rheoscope (Thermo Haake) was the equipment selected for the rheological characterization. We used a 20 mm serrated stainless-steel parallel-plate geometry with a gap of 1 mm. Firstly, stress sweeps were performed with the purpose of knowing the linear viscoelastic region (LVR) of each gel-like dispersion. Then, small amplitude oscillatory shear (SAOS) tests were carried out, from 0.03 to 100 rad/s at 23°C.

Friction tests were performed using a MCR-501 rheometer (Anton Paar, Austria). These measurements were carried out with a tribological cell set up. This cell has a ½ in. diameter steel ball (1.4401 Grade 100, roughness = 0.10 µm) rotating on three 45° inclined steel plates (1.4301, roughness = 0.21 µm). Tests at constant sliding velocity for 10 minutes, applying a normal force of 40N at 25 °C were recorded to obtain the stationary friction coefficient.

## III. RESULTS

### A. Morphological results of electrospun mats

Fig. 1 shows the morphologies of the developed mats via electrospinning and we can see some differences. 15CCA fibers have some beads. In contrast, fibers obtained with RCA are defect-free fibers, so we can suspect that electrospinning critical concentration for RCA is lower than

for CCA. In addition, by analysing these micrographs we suggest that RCA is not pure cellulose acetate. This conclusion was expected and will be confirmed with TGA results.

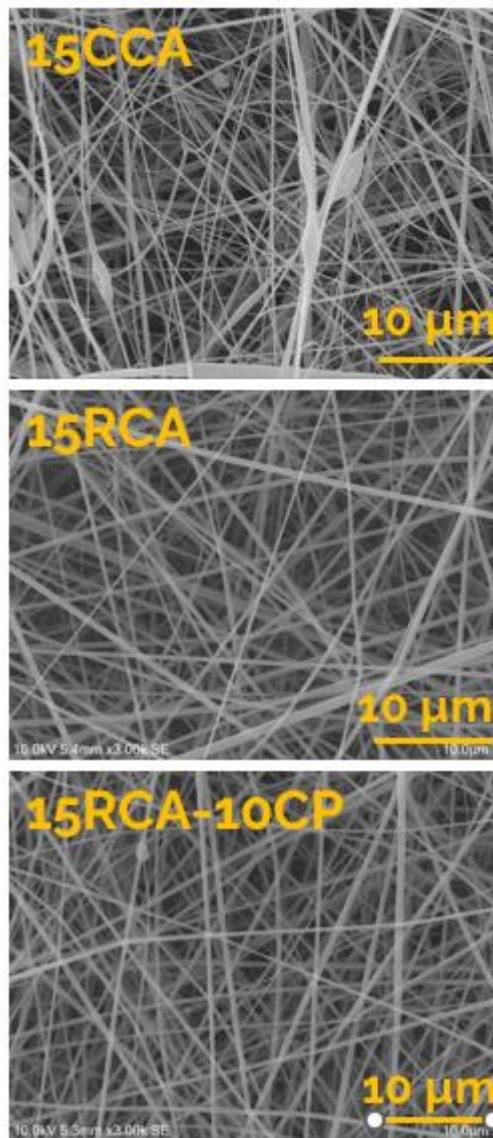


Fig. 1. Micrographs of electrospun mats

### B. Thermogravimetric results

From TGA analysis we can confirm that RCA is not pure cellulose acetate: In Fig. 2 we see that CCA only have one stage of degradation, however we observe two stages of decomposition for RCA samples: a first one different from CCA and a second one, the same as CCA. Thus, RCA must include other material, maybe a plasticizer. Nevertheless, RCA produce a lower residue than CCA after the process. CP does not undergo decomposition until 600 °C, and this correlates with the origin of CP and the fabrication process of clay bricks. For this reason 15RCA-10CP shows a higher residue than 15RCA sample.

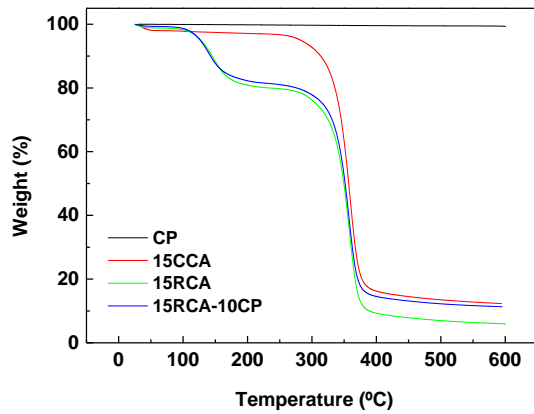


Fig. 2. Results of TGA analysis

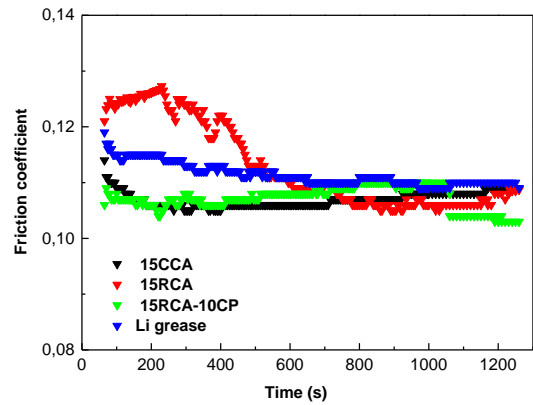


Fig. 4. Stationary friction tests for gel-like dispersions

C. Rheological characterization

In frequency sweeps showed in Fig. 3 we detect the same viscoelastic behaviour for all the greases developed: they have behaviour of gel. Values for viscoelastic moduli are related to the thickener concentration of the gel-like dispersions, but the behaviour of this dispersions is close to the behaviour of the lithium grease. 15RCA dispersion produce higher moduli than 15CCA, possibly due to the defect-free fibers and the other component of RCA.

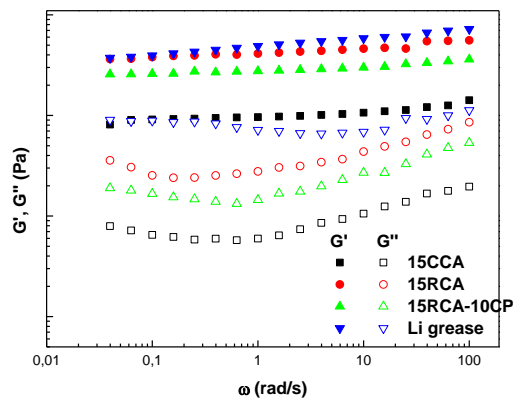


Fig. 3. SAOS of gel-like dispersions

D. Tribological performance

Fig. 4 collects the results of friction tests. We observe a light instability of friction factor, specially for the 15RCA dispersion. However, at the end of the tests, dispersions show a more stable friction coefficient, even lower than lithium grease. It seems that 15RCA-10CP offer a better coefficient al the end that 15RCA, although there is no significant differences. This was the main reason for the clay addition.

IV. CONCLUSIONS

RCA used in this study is not a pure cellulose acetate, although if work well for the analyzed purpose.

We observe similar morphologies between CCA and RCA, son we can propose RCA like a valid alternative to develop sustainable greases.

SAOS of developed gel-like dispersions offer the same behaviour than a commercial lithium grease. Moreover, these dispersions show a competitive friction coefficient, even lower than the coefficient of the used lithium grease. 15RCA-10CP can improve the friction coefficient of 15RCA due to the clay addition.

This results are very interesting, having in mind that we have utilized recycled materials.

REFERENCES

- [1] T. Y. Woma, S. A. Lawal, A. S. Abdulrahman, M. A. Olutoye, and M. M. Ojapah, "Vegetable Oil Based Lubricants: Challenges and Prospects," Tribology Online, vol. 14, no. 2, pp. 60–70, 2019, doi: 10.2474/trol.14.60.
- [2] M. Trejo-Cáceres, M. C. Sánchez, and J. E. Martín-Alfonso, "Impact of acetylation process of kraft lignin in development of environment-friendly semisolid lubricants," Int J Biol Macromol, vol. 227, pp. 673–684, 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.12.096.
- [3] J. F. Rubio-Valle, M. C. Sánchez, C. Valencia, J. E. Martín-Alfonso, and J. M. Franco, "Electrohydrodynamic Processing of PVP-Doped Kraft Lignin Micro- and Nano-Structures and Application of Electrospun Nanofiber Templates to Produce Oleogels," Polymers (Basel), vol. 13, no. 13, 2021, doi: 10.3390/polym13132206.

# Uso de métodos de decisión multicriterio en la gestión de proyectos de energías renovables

Fomento de la Cultura Científica, Tecnológica y de Innovación en Ciudades Inteligentes

Antonio Hernández-Torres; Jesús Clavijo Camacho; Juan Pérez Torreglosa; Reyes Sánchez Herrera.

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Térmica, de Diseño y Proyectos.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Huelva

Calle Dr. Cantero Cuadrado, 6, 21004 Huelva

joseantonio.hernandez@dimme.uhu.es, jesus.clavijo564@alu.uhu.es, reyes.sanchez@dfaie.uhu.es,

juan.perez@die.uhu.es

**Resumen-** Este estudio analiza las posibilidades de aplicación de métodos de decisión multi criterio en el campo de la gestión de proyectos de energías renovables. Especialmente en las etapas incipientes de este tipo de proyectos. Estas metodologías superan a los métodos univariados al considerar múltiples criterios, mejorando la toma de decisiones y optimizando factores como la inversión, la selección de ubicaciones, evaluación de impactos, o la gestión de riesgos. Si bien su aplicación en los proyectos de instalación de tecnologías de base renovable no está generalizada, éstos pueden suponer una ventaja respecto a métodos menos estructurados.

**Palabras Clave-** ScienCity, Smart Cities

## I. INTRODUCCIÓN

La situación energética mundial se enfrenta actualmente a numerosos retos que requieren una gestión eficaz de los recursos energéticos. La elevada demanda de energía se debe, entre otros factores, al crecimiento demográfico, la urbanización y la industrialización. Sin embargo, esta demanda no se corresponde con una oferta igual de asequible y fiable de fuentes de energía. El uso de fuentes de energía tradicionales, como los combustibles fósiles, ha contribuido significativamente al calentamiento global, el cambio climático y la degradación del medio ambiente. Por lo tanto, existe una urgente necesidad de cambiar a fuentes de energía más limpias y sostenibles, como la energía eólica, solar, hidroeléctrica o de biomasa.

La industria, que representa el 41,9% del consumo final de electricidad por sectores, es el sector más exigente en términos de energía [1]. Por lo tanto, desempeña un papel fundamental en la reducción del consumo energético y las emisiones. A pesar de los avances significativos en la eficiencia de las tecnologías energéticas, la creciente demanda mundial de energía presenta retos cruciales para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible. La evidencia empírica muestra que, a pesar de la rápida expansión de las fuentes de energía renovables, esta tendencia es insuficiente para reducir el consumo de combustibles fósiles [1]. Especialmente en las regiones altamente industrializadas y en desarrollo, los modelos industriales tradicionales se basan en el uso de combustibles fósiles, ya que el sistema de generación de energía de combustión representa una solución rápida, fiable, flexible y asequible [2]. Sin embargo, en los últimos tiempos, este enfoque se ha vuelto menos factible

debido a las fluctuaciones imprevisibles de los precios del combustible y a la creciente preocupación por el impacto ambiental que suponen [3].

La planificación energética se ocupa de la decisión de elegir entre diferentes fuentes y tecnologías energéticas alternativas para promover e implementar. La preferencia por las fuentes de energía renovable (FER) representa una tendencia frente a las fósiles. En este sentido, los últimos estudios de comparación de suministros energéticos se centran en las FER [4-6]. Sin embargo, las fuentes renovables no siempre son las alternativas más adecuadas o factibles en cuanto a los requisitos económicos, ambientales y técnicos.

El cambio hacia fuentes de energía sostenibles presenta desafíos únicos para las aplicaciones industriales, particularmente cuando se requiere seleccionar la tecnología de generación de energía más apropiada. La selección de la tecnología más adecuada para un proyecto industrial determinado es una decisión crucial que debe tomarse durante las etapas iniciales del proyecto. En esta etapa, los requisitos industriales pueden variar mucho dependiendo de diferentes factores e intereses, como el tamaño, la ubicación, el sector, el precio y la disponibilidad de los recursos o las políticas públicas [7]. Por lo tanto, esta decisión es particularmente desafiante porque requiere una evaluación exhaustiva de las alternativas disponibles en función de una amplia gama de criterios, como la eficiencia, el costo, el impacto ambiental y la confiabilidad. En este sentido, los métodos de toma de decisiones multicriterio (MCDM) han surgido como una herramienta poderosa para facilitar este proceso de toma de decisiones. Los métodos MCDM permiten la integración de múltiples criterios y objetivos de manera estructurada y transparente, lo que permite a las partes interesadas tomar decisiones informadas y objetivas [8].

Después de una extensa revisión de la literatura existente sobre los métodos y herramientas para seleccionar tecnologías de generación de energía (PGT), es evidente que existe una amplia variedad de enfoques. Sin embargo, existe una brecha significativa en la ausencia de un método universalmente aceptado. Este trabajo tiene como objetivo abordar esta brecha al introducir una metodología coherente basada en

técnicas y herramientas confiables según la literatura especializada actual.

Este artículo se organiza de la siguiente manera. La sección 2 presenta una revisión de la literatura, la cual da paso a la sección 3, en la que se identifican las lagunas de investigación. A continuación, se presenta una propuesta de desarrollo de una herramienta MCDM aplicada a la selección de tecnologías de producción de electricidad. Finalmente, se presentan las conclusiones en la Sección 5.

## II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El estudio de la planificación de tecnologías de generación de energía es un desafío. Considerando la generación de energía, la operación integrada de sistemas de energía, la selección y análisis de tecnologías, y la gestión de energía, comúnmente se utilizan Métodos de Toma de Decisiones Multicriterio (MCDM, por sus siglas en inglés) para abordar la selección de diferentes tecnologías de generación de energía. Los trabajos más pertinentes que abordan el uso de MCDM para la selección de tecnologías de generación de energía que se descubrieron en la revisión de la literatura se muestran en la Tabla 1. Estos trabajos se pueden clasificar en tres grupos principales según sus objetivos.

Tabla 1: Revisión de trabajos sobre el uso de MCDM para la selección de tecnologías de generación de energía

Comparación general	Validación y/u optimización de sistemas predefinidos	Métodos para la toma de decisiones
[9], [10], [11], [12], [13], [14]	[15], [16], [17], [18], [19], [20]	[21], [22], [23], [24]

El primer grupo, "comparación general de tecnologías", está compuesto por trabajos centrados en comparar tecnologías desde una perspectiva general, comparando la idoneidad o beneficios de las tecnologías renovables en relación con las fósiles.. Si bien estas comparaciones generales ofrecen ideas valiosas, una limitación potencial podría ser la falta de aplicabilidad en estudios de caso específicos dentro de industrias y otros contextos prácticos. Además, estos trabajos muestran una tendencia común hacia técnicas difusas. Integrar metodologías difusas con herramientas de MCDM simplifica el análisis de decisiones pero compromete la resolución y precisión debido a la ambigüedad inherente. El uso de rúbricas genéricas agrava este problema, destacando la necesidad de un enfoque equilibrado entre simplicidad y precisión en procesos de toma de decisiones complejos.

El segundo grupo, "validación y/o optimización de modelos y sistemas ya definidos", está compuesto por trabajos centrados en utilizar técnicas MCDM para validar modelos predefinidos o características específicas de sistemas, tecnologías o instalaciones ya establecidos. En estos casos, contribuyeron al proceso de toma de decisiones para los detalles finales en lugar de la iniciación del proyecto. Aunque estos estudios tienen un papel valioso en el estudio de procesos de toma de decisiones y sus detalles de ajuste fino, es necesario destacar

que estos procesos pueden mostrar sesgos inherentes ya que se utilizan retrospectivamente.

El tercer grupo, "métodos para la toma de decisiones", está compuesto por trabajos centrados en el uso de diferentes métodos para la toma de decisiones en el campo de las tecnologías energéticas sin abordar una metodología estandarizada y polivalente.

## III. LAGUNAS DE INVESTIGACIÓN

La revisión de la literatura destaca las diversas aplicaciones de las técnicas de toma de decisiones multicriterio (MCDM) en el sector de la energía renovable. Sin embargo, se encontraron varias lagunas de investigación con respecto a los procesos de toma de decisiones para las tecnologías de producción de electricidad en proyectos de ingeniería:

- Limitada aplicabilidad: Las comparaciones de tecnologías, aunque valiosas para proporcionar una perspectiva general, pueden carecer de aplicabilidad en estudios de casos específicos dentro de industrias y contextos prácticos. Además, estas comparaciones tienden a centrarse en solo ciertas consideraciones y condicionamientos
- Sesgos inherentes en estudios retrospectivos: La validación y optimización de modelos y sistemas predefinidos mediante técnicas de MCDM, si bien son valiosas para ajustar detalles en la toma de decisiones, pueden mostrar sesgos inherentes al ser empleadas retrospectivamente y, en la mayoría de los casos, centradas en casos de estudio altamente específicos
- Falta de consenso en técnicas y herramientas: Especialmente evidente en, existe una notable falta de consenso, ya que, en general, se sigue un proceso común, pero cada estudio implementa diferentes técnicas y herramientas de MCDM. Se sabe que cada técnica muestra diferencias con respecto a las demás.

Estas lagunas y problemas resaltan la necesidad de enfoques más adaptables y completos para facilitar el proceso de toma de decisiones en el sector de generación de energía, especialmente al abordar estudios de casos específicos e integrar diferentes opciones tecnológicas para los usuarios finales

## IV. PROPUESTA

Las metodologías de Toma de Decisiones Multicriterio (MCDM) son las técnicas más comúnmente utilizadas para estructurar y resolver problemas de toma de decisiones y planificación que involucran múltiples criterios. En general, las metodologías para resolver estos problemas están estructuradas siguiendo los pasos descritos en la Figura 2.

Según esto, el primer paso es la definición del problema, cuando se definen las necesidades y objetivos. El segundo paso implica la identificación de las variables de decisión a

considerar para lograr la solución. Esto incluye la selección de las alternativas a comparar y los criterios en los que basar la comparación. En el tercer paso, es necesario elegir la técnica de MCDM adecuada, ya que diferentes técnicas muestran una idoneidad diferente para situaciones diferentes. También es necesario crear un modelo específico basado en el problema y las variables específicas y de acuerdo con la técnica seleccionada. El cuarto paso implica definir la herramienta (comúnmente, una rúbrica, un cuestionario, una prueba, etc.) para recopilar los datos necesarios. Una vez que esta herramienta está preparada, el quinto paso requiere la recopilación de los datos. Se realiza de acuerdo con la técnica y la herramienta empleadas. Finalmente, en el último paso, el modelo de MCDM se utiliza para realizar la comparación, proporcionando como resultado la clasificación de las alternativas consideradas en el estudio

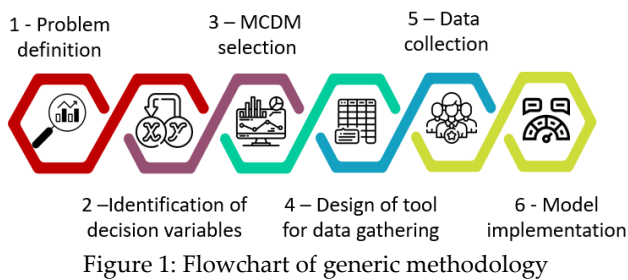


Figure 1: Flowchart of generic methodology

Basándose en esta metodología general, este artículo propone un modelo específico que se aplicará para resolver el caso de la selección de PGT en situaciones reales. Comenzando en el primer paso de la metodología anterior y enfocándose en un problema particular, es posible desarrollar un modelo específico para que el resto del proceso se simplifique. Esto es especialmente útil para usuarios finales e investigadores que buscan una solución lista para usar y confiable basada en la literatura.

Para lograr esto, es necesario estudiar los diferentes factores que definen y condicionan el caso de selección de PGT. Se requieren tres tareas principales: seleccionar una técnica de MCDM, identificar las variables y criterios de decisión relevantes y crear una herramienta para recopilar los datos necesarios. La identificación de las variables y criterios de decisión afecta a las otras dos tareas, por lo que es necesario resolverlas individualmente en primer lugar. En este sentido, la creación de una rúbrica específicamente diseñada cumple con la tarea de recopilación de datos. Una rúbrica permite evaluar la puntuación objetiva basada en preguntas definidas. Además, la selección de una técnica específica de MCDM resuelve el problema de identificar la técnica más adecuada según los requisitos del problema.

Dado que la rúbrica debe adaptarse al MCDM seleccionado, primero es necesario elegir la técnica de MCDM adecuada para el propósito de la selección de PGT. Entre las técnicas de MCDM, la Técnica para la Orden de Preferencia por Similitud a la Solución Ideal (TOPSIS) se utiliza ampliamente para resolver problemas relacionados con el diseño de sistemas de ingeniería [25]. Esta técnica asegura la solución de diseño óptima mediante la evaluación de su proximidad en comparación con soluciones ideales hipotéticas. La implementación de TOPSIS requiere dos conjuntos principales de datos, a saber, los pesos de los

diferentes criterios y el valor de cada alternativa para cada criterio.

En la toma de decisiones multivariantes, el peso de los atributos sirve como un parámetro de entrada crucial. Existen diversas técnicas para calcular el peso de cada criterio. La más simple implica la asignación de peso subjetivo basada en las preferencias de los tomadores de decisiones, asegurando que la suma de los coeficientes sea igual a la unidad [26]. En contraste, existen alternativas para obtener la ponderación de criterios, basadas en enfoques matemáticos. Además, enfoques intermedios, como el de la técnica de Proceso Analítico Jerárquico (AHP), incorporan una combinación de tendencias del tomador de decisiones y principios matemáticos para la determinación del peso. Además, la literatura sobre la toma de decisiones multicriterio señala que los algoritmos basados en AHP-TOPSIS se han utilizado extensamente [27, 28]. En general, AHP ofrece un mayor grado de sensibilidad, ya que permite a los expertos medir la importancia de los criterios.

Mientras que AHP determina por sí sola el orden de convergencia hacia la mejor solución, la técnica TOPSIS destaca en la toma de decisiones utilizando su procedimiento matemático para el ordenamiento. En consecuencia, la hibridación de estos dos métodos puede producir resultados más robustos y efectivos en la toma de decisiones. La hibridación propuesta se lleva a cabo utilizando los valores de convergencia obtenidos de AHP como los pesos en el modelo TOPSIS.

Basándose en estas consideraciones, este estudio propuso una metodología integrada basada en herramientas especialmente diseñadas para el caso de la selección de PGT. Más precisamente, este trabajo propuso y describe un modelo híbrido AHP-TOPSIS respaldado por una rúbrica específica para recopilar datos para el caso de la selección de PGT.

## V. CONCLUSIÓN

En conclusión, la identificación de las brechas de investigación ha revelado tres aspectos fundamentales que requieren atención en el ámbito de la toma de decisiones en la selección de tecnologías de generación de energía. En primer lugar, la limitada aplicabilidad de las comparaciones tecnológicas destaca la necesidad de desarrollar enfoques más específicos que se puedan adaptar a estudios de casos particulares en diversas industrias y contextos prácticos. Además, la presencia de sesgos inherentes en los estudios retrospectivos señala la importancia de abordar la objetividad y relevancia en la validación y optimización de modelos existentes. Por último, la falta de consenso en las técnicas y herramientas utilizadas enfatiza la necesidad de establecer métodos estandarizados que faciliten la toma de decisiones en el sector de generación de energía. La propuesta de un modelo cerrado basado en la combinación de AHP-TOPSIS se presenta como una solución integral para optimizar los procesos en las etapas iniciales, la búsqueda de herramientas y su implementación, brindando así una guía efectiva y coherente para los usuarios finales y los investigadores en la selección de tecnologías de generación de energía.

## REFERENCIAS

- [1] IEA, "Key World Energy Statistics 2021," <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021> License: CC BY 4.0, IEA, Paris, 2021.
- [2] K. R. Abbasi, M. Shahbaz, J. Zhang, M. Irfan and R. Alvarado, "Analyze the environmental sustainability factors of China: The role of fossil fuel energy and renewable energy.," *Renewable Energy*, vol. 187, pp. 390-402, 2022.
- [3] F. Chien, M. Sadiq, H. Kamran, M. Nawaz, M. Hussain and M. Raza, "Co-movement of energy prices and stock market return: environmental wavelet nexus of COVID-19 pandemic from the USA, Europe, and China.," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 28, pp. 32359-32373, 2021.
- [4] H. Lee and C. Chang, "Comparative analysis of MCDM methods for ranking renewable energy sources in Taiwan.," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 92, pp. 883-896, 2018.
- [5] H. El-Houari, A. Allouhi, S. Rehman, M. Buker, T. Kousksou, A. Jamil and B. El-Amrani, "Feasibility evaluation of a hybrid renewable power generation system for sustainable electricity supply in a Moroccan remote site.," *Journal of Cleaner Production*, vol. 277, p. 123534, 2020.
- [6] G. Büyükoçkan and Y. Karabulut, "Energy project performance evaluation with sustainability perspective.," *Energy*, vol. 119, pp. 549-560, 2017.
- [7] R. Tidball, J. Bluestein, N. Rodriguez and S. Knoke, "Cost and performance assumptions for modeling electricity generation technologies.," National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States), (No. NREL/SR-6A20-48595)., 2010.
- [8] S. Malkawi, M. Al-Nimr and D. Azizi, "A multi-criteria optimization analysis for Jordan's energy mix.," *Energy*, vol. 127, pp. 680-696, 2017.
- [9] C. Ghenai, M. Albawab and M. Bettayeb, "Sustainability indicators for renewable energy systems using multi-criteria decision-making model and extended SWARA/ARAS hybrid method.," *Renewable Energy*, vol. 146, pp. 580-597, 2020.
- [10] C. Wang, C. Yang and H. Cheng, "Fuzzy multi-criteria decision-making model for supplier evaluation and selection in a wind power plant project.," *Mathematics*, vol. 7, no. 5, p. 417, 2019.
- [11] D. Aikhuele, D. Ighravwe and D. Akinyele, "Evaluation of renewable energy technology based on reliability attributes using hybrid fuzzy dynamic decision-making model.," *Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy*, vol. 4, pp. 1-7, 2019.
- [12] T. Kaya and C. Kahraman, "Multicriteria decision making in energy planning using a modified fuzzy TOPSIS methodology.," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 6, pp. 6577-6585., 2011.
- [13] Y. A. Solangi, Q. Tan, N. H. Mirjat and S. Ali, "Evaluating the strategies for sustainable energy planning in Pakistan: An integrated SWOT-AHP and Fuzzy-TOPSIS approach.," *Journal of Cleaner Production*, vol. 236, p. 117655, 2019.
- [14] F. Dell'Anna, M. Bottero, C. Becchio, S. Corgnati and G. Mondini, "Designing a decision support system to evaluate the environmental and extra-economic performances of a nearly zero-energy building.," *Smart and Sustainable Built Environment*, vol. 9, no. 4, pp. 413-442, 2020.
- [15] A. Arslan, O. Arslan and S. Kandemir, "AHP-TOPSIS hybrid decision-making analysis: Simav integrated system case study.," *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, vol. 145, no. 3, pp. 1191-1202., 2021.
- [16] P. Mojaver, S. Khalilarya, A. Chitsaz and M. Assadi, "Multi-objective optimization of a power generation system based SOFC using Taguchi/AHP/TOPSIS triple method.," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 38, p. 100674, 2020.
- [17] H. Yazdani, M. Baneshi and M. Yaghoubi, "Techno-economic and environmental design of hybrid energy systems using multi-objective optimization and multi-criteria decision making methods.," *Energy Conversion and Management*, vol. 282, p. 116873, 2023.
- [18] M. Elkadeem, A. Younes, S. Sharshir, P. Campana and S. Wang, "Sustainable siting and design optimization of hybrid renewable energy system: A geospatial multi-criteria analysis.," *Applied Energy*, vol. 295, p. 117071, 2021.
- [19] Y. Ke, J. Liu, J. Meng, S. Fang and S. Zhuang, "Comprehensive evaluation for plan selection of urban integrated energy systems: A novel multi-criteria decision-making framework.," *Sustainable Cities and Society*, vol. 81, p. 103837, 2022.
- [20] O. Taylan, D. Kaya and A. Demirbas, "An integrated multi attribute decision model for energy efficiency processes in petrochemical industry applying fuzzy set theory.," *Energy conversion and management*, vol. 117, pp. 501-512, 2016.
- [21] L. Kiser and L. Otero, "Multi-criteria decision model for selection of nuclear power plant type.," *Progress in Nuclear Energy*, vol. 159, p. 104647, 2023.
- [22] B. Nsafon, H. Butu, A. Owolabi, J. Roh, D. Suh and J. Huh, "Integrating multi-criteria analysis with PDCA cycle for sustainable energy planning in Africa: Application to hybrid mini-grid system in Cameroon.," *Sustainable energy technologies and assessments*, vol. 37, p. 100628, 2020.
- [23] T. Witt, M. Dumeier and J. Geldermann, "Combining scenario planning, energy system analysis, and multi-criteria analysis to develop and evaluate energy scenarios.," *Journal of Cleaner Production*, vol. 242, p. 118414, 2020.
- [24] S. Rekik and S. El-Alimi, "Optimal wind-solar site selection using a GIS-AHP based approach: a case of Tunisia.," *Energy Conversion and Management*, vol. 18, p. 100355, 2023.
- [25] Y. Wang, X. Wang, H. Yu, Y. Huang, H. Dong, C. Qi and N. Baptiste, "Optimal design of integrated energy system considering economics, autonomy and carbon emissions.," *Journal of Cleaner Production*, vol. 225, pp. 563-578, 2017.
- [26] M. Stojčić, E. Zavadskas, D. Pamučar, Ž. Stević and A. Mardani, "Application of MCDM methods in sustainability engineering: A literature review 2008–2018.," *Symmetry*, vol. 11, no. 3, p. 350, 2019.
- [27] C. Kumar, K. B. Rana and B. Tripathi, "Performance evaluation of diesel-additives ternary fuel blends: An experimental investigation, numerical simulation using hybrid Entropy-TOPSIS method and economic analysis.," *Thermal Science and Engineering Progress*, vol. 20, p. 100675, 2020.
- [28] E. C. Özcan, S. Ünlüsoy and T. Eren, "A combined goal programming-AHP approach supported with TOPSIS for maintenance strategy selection in hydroelectric power plants.," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 78, pp. 1410-1423., 2017.

# El papel crucial de la privacidad: evaluación de las políticas de datos de plataformas PayTech

Victoria Cruz-Viejo<sup>1</sup> y David Perea<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad De Ciencias Empresariales y Turismo, Universidad de Huelva, Plaza. de la Merced, 11, 21002

Huelva, España. victoriacv95@gmail.com

<sup>2</sup>Universidad de Málaga. david.perea@uma.es

**Resumen-** En la era digital actual, la tecnología está transformando el entorno financiero, con la Fintech como protagonista, fusionando finanzas y tecnología. Los servicios Paytech, centrados en pagos y tecnologías relacionadas, revolucionan cómo interactuamos con el dinero. Sin embargo, surgen desafíos cruciales en cuanto a la privacidad y la regulación de datos personales. Las empresas Paytech dependen de datos personales para operar, lo que plantea desafíos en seguridad y privacidad. La protección de datos es esencial y el cumplimiento de regulaciones, como el Artículo 13 del RGPD, es fundamental para la confianza del usuario. Con este estudio pretendemos examinar de cerca las políticas de privacidad en las dos plataformas Paytech más destacadas en España: Bizum y Paypal, en lo que concierne a su adhesión y cumplimiento del Artículo 13 del reglamento.

**Palabras Clave-** Paytech, datos personales, información, ciudadanos

## I. INTRODUCCIÓN

En la actual era digital, el entorno financiero está experimentando una transformación de gran relevancia, impulsada por la tecnología. Uno de los elementos fundamentales en esta revolución es la Fintech, que representa un avance tecnológico que fusiona las finanzas con la tecnología de la información y la comunicación (TIC), convirtiéndose en un pilar crucial en el sector financiero (Lee & Shin, 2018). Dentro de los servicios financieros mejorados por las tecnologías encontramos los servicios Paytech, que se enfocan exclusivamente en las tecnologías y servicios relacionados con los pagos. Las empresas Paytech ofrecen una amplia gama de servicios, desde pagos electrónicos y transferencias de dinero hasta soluciones de gestión financiera y comercio electrónico, revolucionando la forma en que las personas, las empresas y las instituciones interactúan con el dinero. Sin embargo, en medio de esta revolución, surge una cuestión crítica: la protección de datos personales y el cumplimiento de las regulaciones.

Los servicios Paytech dependen en gran medida de la recopilación y el procesamiento de datos personales para operar de manera efectiva. Los datos personales son esenciales para autenticar a los usuarios, llevar a cabo transacciones seguras y ofrecer experiencias personalizadas. Sin embargo, esta dependencia plantea desafíos significativos en términos de privacidad y seguridad. La gestión de datos personales se ha convertido en un tema candente en todo el mundo, con regulaciones como el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) en la Unión Europea y leyes similares en otros lugares que imponen estrictas obligaciones

a las empresas que manejan datos personales.

El cumplimiento de estas regulaciones es esencial para las empresas Paytech, ya que cualquier infracción puede resultar en sanciones financieras significativas y dañar la confianza del cliente. Las percepciones de seguridad y privacidad de los usuarios influyen en sus actitudes y disposición para adoptar tecnologías financieras. Además, se destaca que la confianza del consumidor juega un papel fundamental al mediar los efectos de la seguridad y la privacidad percibida en las actitudes de los usuarios, lo que subraya la importancia de la confianza en entornos digitales y servicios en línea de Fintech y Paytech (Roh et al., 2022). Las empresas Paytech deben abordar cuestiones como la obtención de consentimiento para recopilar datos, la protección de datos almacenados y transmitidos, la notificación de violaciones de seguridad y la capacidad de los individuos para controlar sus datos personales. En este contexto debe tenerse en cuenta el Reglamento 2016/679 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales

Con este estudio pretendemos conocer las políticas de privacidad de las dos principales plataformas de Paytech en España: Bizum y Paypal. Este estudio nos permite conocer la transparencia de ambas respecto a sus políticas de privacidad.

## II. METODOLOGÍA

Para poder llevar a cabo este estudio, nos centramos en analizar las páginas web y los planes estratégicos de las empresas a analizar. Las empresas seleccionadas para llevar a cabo este estudio son Paypal y Bizum, ya que son las más frecuentemente utilizadas en España.

Para conocer si estas empresas divulgan información sobre protección de datos en sus páginas web, seguimos el proceso descrito en la Figura 1. Primero buscamos en Google si existe una página web de estas empresas. Una vez localizada la web, buscamos en la página de cada empresa alguna sección o apartado donde se contenga información sobre la política de privacidad o protección de datos. Una vez localizada la sección y detectadas las referencias a la protección de datos, procedemos a su análisis.

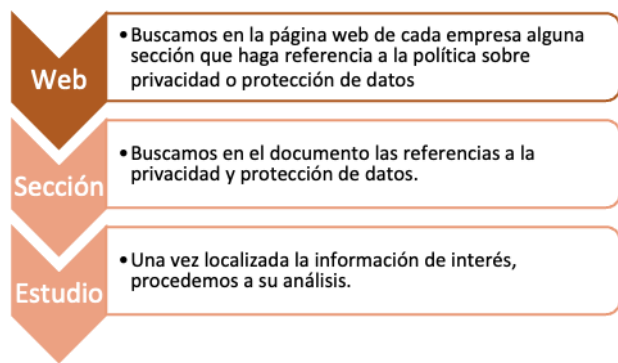


Figura I. Proceso de búsqueda

### III. RESULTADOS

El Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) de la Unión Europea establece en su Artículo 13 los principios relativos a la divulgación de información en el contexto de la protección de datos. El Artículo 13 se refiere a la obligación de informar a los sujetos de datos cuando se recopilan sus datos personales (Reglamento (UE) 2016/679). A continuación, en la Tabla 1 presentamos la información

Artículo 13 GDPR	Bizum	Paypal
13.1. a) la identidad y los datos de contacto del responsable y, en su caso, de su representante	X	X
13.1.b) los datos de contacto del delegado de protección de datos, en su caso		
13.1.c) los fines del tratamiento a que se destinan los datos personales y la base jurídica del tratamiento	X	X
13.1.d) cuando el tratamiento se base en el artículo 6, apartado 1, letra f), los intereses legítimos del responsable o de un tercero	X	X
13.1.e) los destinatarios o las categorías de destinatarios de los datos personales, en su caso;	X	X
13.1.f) en su caso, la intención del responsable de transferir datos personales a un tercer país u organización internacional	X	X
13.2.a) el plazo durante el cual se conservarán los datos personales o, cuando no sea posible, los criterios utilizados para determinar este plazo	X	X
13.2.b) la existencia del derecho a solicitar al responsable del tratamiento el acceso a los datos personales relativos al interesado, y su rectificación o supresión, o la limitación de su tratamiento, o a oponerse al tratamiento, así como el derecho a la portabilidad de los datos;	X	X
13.2.c) cuando el tratamiento esté basado en el artículo 6, apartado 1, letra a), o el artículo 9, apartado 2, letra a), la existencia del derecho a retirar el consentimiento en cualquier momento, sin que ello afecte a la licitud del tratamiento basado en el consentimiento previo a su retirada;	X	X
13.2.d) el derecho a presentar una reclamación ante una autoridad de control;	X	X
13.2.e) si la comunicación de datos personales es un requisito legal o contractual, o un requisito necesario para suscribir un contrato, y si el interesado está obligado a facilitar los datos personales y está informado de las posibles consecuencias de no facilitar tales datos;	X	X

13.2.f) la existencia de decisiones automatizadas, incluida la elaboración de perfiles, a que se refiere el artículo 22, apartados 1 y 4, y, al menos en tales casos, información significativa sobre la lógica aplicada, así como la importancia y las consecuencias previstas de dicho tratamiento para el interesado.

divulgada por las empresas Bizum y PayPal con respecto al Artículo 13 del Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) en la siguiente tabla.

Nuestra evaluación reveló que las empresas Paytech analizadas cumplen de manera satisfactoria con este requerimiento del artículo 13 del Reglamento. En sus respectivas plataformas y páginas web, ofrecen información completa y de sencillo acceso acerca de su tratamiento de los datos personales de sus clientes, exponiendo exhaustivamente la manera en que los utilizan, abarcando todos los elementos contemplados en de dicho artículo 13.

### IV. CONCLUSIONES

La protección de datos se ha convertido en un tema de vital importancia en la era digital en la que vivimos, y las empresas que manejan información personal de sus clientes deben cumplir con las regulaciones establecidas para garantizar la privacidad y seguridad de los datos. En tiempos recientes, las prácticas de privacidad de las empresas han captado una atención cada vez mayor por parte de los consumidores. Aunque muchas empresas ven este avance como una amenaza, ya que los consumidores podrían prohibir la recolección o el uso de datos, también podría ser una oportunidad beneficiosa para las empresas (Eggers et al., 2023).

El artículo 13 del RGPD establece la obligación de las empresas de informar a los individuos sobre el procesamiento de sus datos personales. Este incluye la identidad del responsable del tratamiento, los fines del procesamiento, la base legal para el mismo, los destinatarios, el período de retención de los datos, los derechos del interesado y otros datos relevantes. Es esencial que las empresas cumplan con estos requisitos para garantizar la confianza de los usuarios y evitar posibles sanciones legales (Reglamento (UE) 2016/679).

PayPal y Bizum son ejemplos destacados de empresas que brindan una sólida información sobre sus políticas de privacidad, cumpliendo con todos los requisitos del Artículo 13 del Reglamento General de Protección de Datos (GDPR). Esta transparencia es esencial en la era digital, donde la confianza del usuario en cómo se manejan sus datos personales es fundamental. Al proporcionar información detallada sobre la recopilación, el procesamiento y el uso de datos, estas empresas no solo cumplen con las regulaciones legales, sino que también promueven una relación más sólida y de confianza con sus clientes. La transparencia y la confianza en la gestión de datos son elementos clave para mantener la integridad y la reputación en el mundo empresarial actual.

### REFERENCIAS

Eggers, F., Beke, F. T., Verhoef, P. C., & Wieringa, J. E. (2023). The Market for Privacy: Understanding How Consumers Trade Off Privacy Practices. *Journal of Interactive Marketing*, 109499682211400. <https://doi.org/10.1177/10949968221140061>

Lee, I., & Shin, Y. J. (2018). Fintech: Ecosystem, business models, investment decisions, and challenges. *Business Horizons*, 61(1), 35–46.

Roh, T., Yang, Y. S., Xiao, S., & Park, B. Il. (2022). What makes consumers trust and adopt fintech? An empirical investigation in China. *Electronic Commerce Research*. <https://doi.org/10.1007/s10660-021-09527-3>

Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos)

# The influence of the Energy Management System on the Economic, Environmental and Profitability Impact of a Hydrogen Based Microgrid

Jesús Rey, Cirilo Delgado, Francisca Segura, José Manuel Andújar.

Grupo de Investigación de Control y Robótica TEP-192, Centro de Investigación en Tecnología, Energía y Sostenibilidad (CITES). Departamento de Ingeniería Electrónica, de Sistemas Informáticos y Automática, Universidad de Huelva, Spain  
jesus.rey@diesia.uhu.es ; cirilo.delgado@pi.uhu.es ; francisca.segura@diesia.uhu.es ; andujar@diesia.uhu.es

**Abstract-** *The urgent need to reduce carbon emissions requires the integration of renewable microgrids that hybridise hydrogen and battery-based energy storage systems. However, before the implementation of these microgrids becomes a reality, it is essential to carry out an analysis of their economic and environmental impact and their profitability. Therefore, this paper studies, for a hydrogen-based microgrid located at the “La Rábida Campus” (University of Huelva), an economic and environmental impact, as well as a profitability analysis for two energy management systems (EMS): hydrogen-priority EMS and battery-priority EMS. The results show that the hydrogen-priority EMS, while being more independent from the main electricity grid and having less environmental impact, has higher equipment replacement costs, resulting in a lower economic profitability of this EMS, as well as a higher electricity price that makes the microgrid profitable (specifically, 0.61 €/kWh compared to 0.4 €/kWh for the battery-priority EMS, for the current equipment cost scenario). If equipment prices (mainly hydrogen) are reduced in the coming years, as expected, the profitability of the microgrid will increase considerably.*

**Keywords-** *Hydrogen-based microgrid, economic impact, environmental impact, profitability analysis*

## I. INTRODUCTION

The increasing energy demand, coupled with the high use of fossil fuels to meet it, with the corresponding negative environmental impact that this implies, requires a transition towards an energy model in which renewable energy sources (RES) play a greater role and thus reduce dependence on fossil fuels [1], [2]. To achieve this objective, it is necessary to move from the current centralised energy generation model to a distributed generation model (where energy production takes place at different points) [3] and to achieve the integration of energy storage systems (ESS), which compensate for the intermittent nature of renewable energies (storing surplus energy generated at times when RES production exceeds energy demand) [2]. For these reasons, renewable microgrids that hybridise energy storage in the form of hydrogen and batteries are indispensable [4].

However, in order for these microgrids to be integrated, it is essential to carry out an analysis of their economic and environmental impact and their economic profitability. In this regard, there are works in the scientific literature that study the impact of the carbon footprint [5] or that carry out a partial economic study of a microgrid: considering the operation and maintenance (O&M) costs [6], the investment and O&M costs of the equipment that make up the microgrid [5], or also including the analysis of the annual economic benefits associated with a microgrid [7]. On the other hand,

other studies analyse the profitability of a microgrid in terms of electricity prices [8], [9]. However, none of the above studies study the influence of the Energy Management System (EMS) on the economic and environmental impact and the profitability of the microgrid, nor do they simultaneously analyse these 3 variables, nor do they find the electricity price at which the microgrid becomes profitable.

Thus, compared to the analysed literature, this paper performs, for a hydrogen-based microgrid, a complete economic impact analysis (investment, replacement, O&M costs, as well as annual benefits associated with the microgrid) considering current electricity prices, an environmental impact analysis (i.e., an analysis of the carbon footprint associated with each EMS implemented in the microgrid, which will depend on the amount of electricity purchased from the main grid for each EMS and the carbon footprint associated with the Spanish electricity mix, for different years) and a profitability analysis to obtain the electricity price at which the microgrid becomes profitable (depending on hydrogen systems cost reduction). All these variables will be based on two EMS: the hydrogen-priority EMS and the battery-priority EMS. Table 1 shows a comparison between authors' proposal and the analysed literature.

## II. MATERIALS AND METHODS

The hydrogen-based microgrid under study, shown in Figure 2, is located at the “La Rábida Campus” (University of Huelva) and includes RES production (solar and wind) of tens of kW, as well as an ESS hybridised by a hydrogen subsystem (composed of an alkaline electrolyser, a 30 bar compressed hydrogen tank and a polymeric exchange membrane, PEM, fuel cell) of several kW and a lead-acid battery bank of tens of kWh.

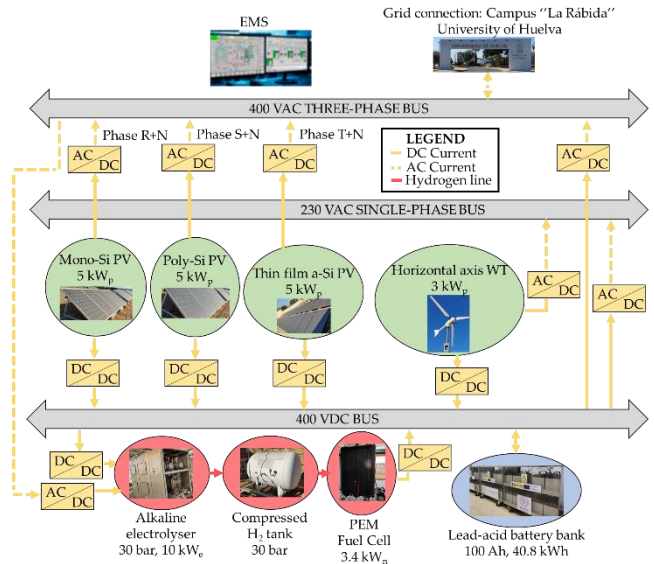
To connect the different elements of the microgrid, a 400 VDC bus (which will act as the backbone of the microgrid) will be used. This bus (which avoids problems related to reactive power and improves the performance of the microgrid [10]) allows to exchange power between sources and loads. For this purpose, the DC bus is connected to RES, to the alkaline electrolyser and the fuel cell by means of DC/DC converters; and directly connected to the battery bank to ensure bus stability [11]. To allow RES-based production to power AC loads, a 400 VAC 3-phase and a 230 VAC single-phase buses will be used, by means of power exchange between these buses and the DC bus, which will be

**Table 1.** Comparison between authors' proposal and the analysed literature.

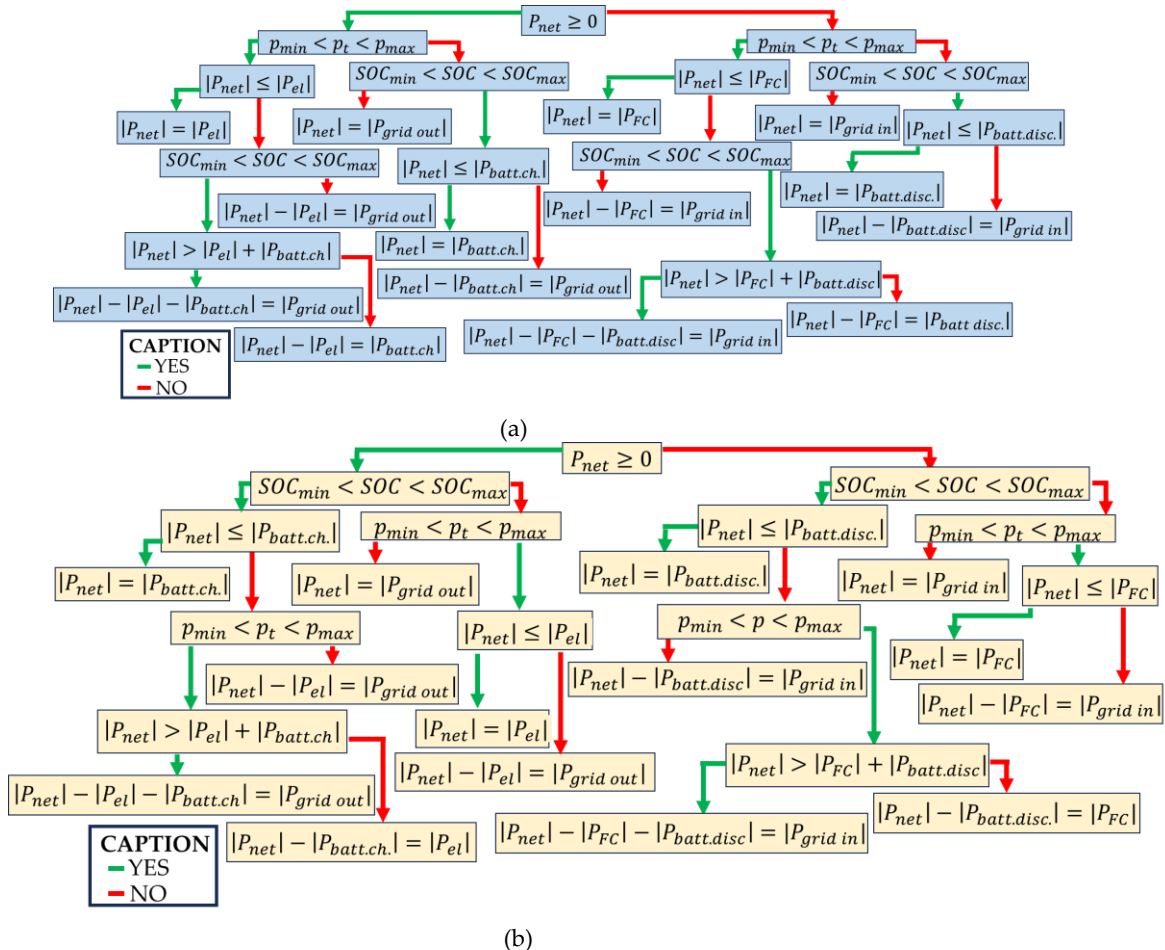
Reference	Influence of the EMS	Complete economic analysis	Environmental analysis	Electricity price at which microgrid is profitable
[5]	No	Partial	Yes	No
[6]	No	Partial	No	No
[7]	No	Partial	No	No
[8], [9]	No	No	No	No
Authors' proposal	Yes	Yes	Yes	Yes

interconnected via the corresponding power electronics.

Once the microgrid is operational, an EMS must be set up to decide which ESS to use both at times when RES production is higher than energy demand and when it is lower than energy demand. Thus, hydrogen-priority EMS will prioritise the use of hydrogen systems over battery systems (i.e., at times of excess energy, the use of the electrolyser, and in deficit energy moments, the use of the fuel cell, as long as hydrogen tank pressure is its operating range, will be prioritised over the battery bank; in addition, if necessary, the main grid can be used to ensure energy supply). On the other hand, the battery-priority EMS will prioritise the use of the battery bank over the hydrogen systems, as long as the battery bank is in its operating range.



**Figure 2.** Configuration of the microgrid under study.



**Figure 3.** Schematic of (a) EMS with H<sub>2</sub> priority and (b) EMS with battery priority.

### III. RESULTS

Before putting the microgrid into operation, regardless of the EMS implemented, the different elements that make up the microgrid (shown in Figure 2) must be acquired. Table 2 shows the initial cost of each piece of equipment, as well as the total initial costs.

**Table 2.** Initial costs of the elements of the microgrid.

Element	Total Cost
Lead–acid battery bank	8160 €
Alkaline electrolyser	15,000 €
Compressed H <sub>2</sub> tank	5025.27 €
PEM-FC	5100 €
Horizontal axis wind turbine	3519.56 €
PV solar field	15,534.96 €
	<b>52,339.78 €</b>

Once the microgrid starts operating under one or the other EMS, different behaviours will be observed. Thus, for the hydrogen-priority EMS, hydrogen systems will be used more frequently (which will imply a higher degradation) than battery systems (while in battery priority EMS the opposite will be the case), Table 3.

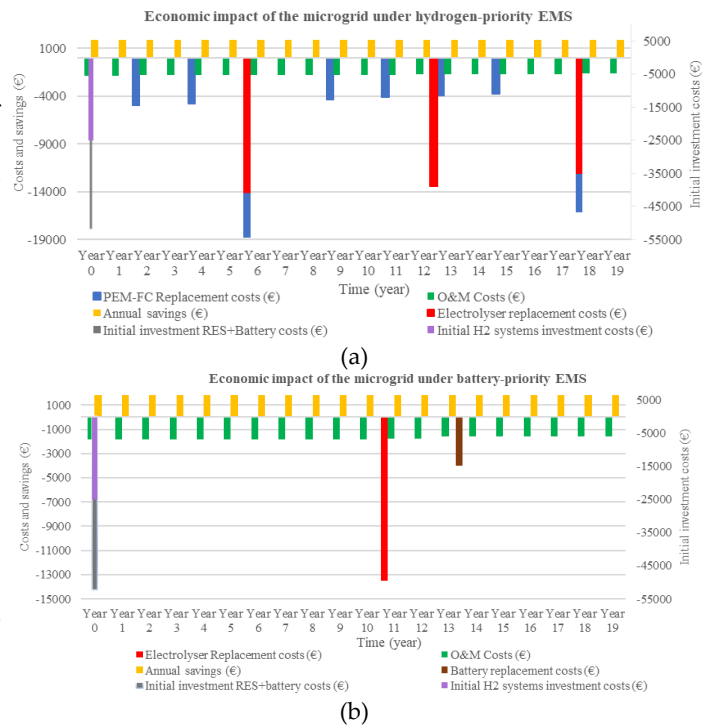
**Table 3.** Annual working hours of the hydrogen and battery systems for each EMS implemented.

Element	Hydrogen-priority EMS	Battery-priority EMS
	Hours	Hours
Charge of lead–acid battery bank	1131 h	2797 h
Discharge of lead–acid battery bank	668.1 h	3115 h
Alkaline electrolyser	1618.4 h	846.1 h
PEM fuel cell	2794.7 h	133.6 h

As hydrogen systems have a short lifetime and currently have a high cost and due to a much higher use of hydrogen systems for the hydrogen-priority EMS (as shown in Table 3), this EMS will have a higher number of replacements than the EMS based on battery priority, which, as a result of a lower number of replacements, will perform better economically (Table 4 and Figure 4).

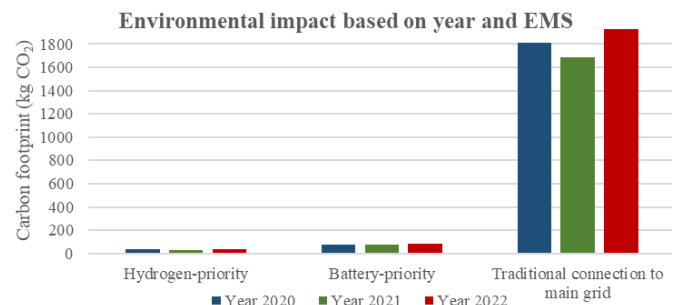
**Table 4.** Replacements costs based on the EMS deployed.

Element	Hydrogen-Priority EMS		Battery-Priority EMS	
	Replacements (in 20 Years)	Replacements Costs (EUR)	Replacements (in 20 Years)	Replacements Costs (€)
Battery bank	0	0	1	4022.88
Electrolyser	3	40,140	1	13,515
PEM fuel cell	8	34,037.4	0	0
Total replacement costs (€)		74,177.4		17,537.88



**Figure 4.** Economic impact analysis of the hydrogen-based microgrid under study for the two EMS studied.

On the other hand, the hydrogen-priority EMS is more independent from the main electricity grid (this EMS consumes 223.3 kWh from the main grid compared to 514.6 kWh for the battery-priority EMS). The energy coming from the main grid will be the only energy consumed in the microgrid that will have an associated carbon footprint (since the rest of the energy consumed will be produced by the different renewable energy-based equipment, so it will not have an associated carbon footprint). That carbon footprint will be associated with the carbon footprint of Spain's electricity mix (which was 150 g CO<sub>2</sub>/kWh in 2020, 140 g CO<sub>2</sub>/kWh in 2021 and 160 g CO<sub>2</sub>/kWh). Although hydrogen-priority EMS performs better from an environmental point of view; both EMS have a much lower environmental impact than a household with the same energy consumption profile as the microgrid, but which draws its energy entirely from the main grid (Figure 5).



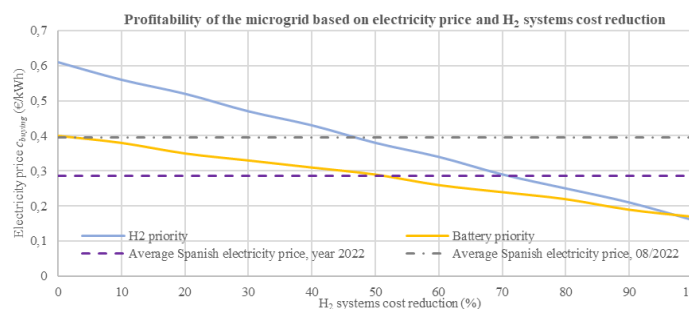
**Figure 5.** Environmental impact analysis of the microgrid for both EMS studied and for a household connected to main grid.

Regarding the profitability of the microgrid, it is obvious that the battery-priority EMS will be more cost-effective for the current costs of hydrogen technology, so the electricity price that makes the microgrid profitable will be lower (namely 0.4 €/kWh vs. 0.61 €/kWh for the hydrogen-priority EMS). However, the difference between the prices that make the

microgrid profitable will narrow as the cost reduction of hydrogen technologies increases, to the point where in a utopian scenario in which the reduction is 100% (which has been included in the study even though it is not realistic to analyse the performance of both EMS), the hydrogen-priority EMS would have the lowest profitable electricity price (Table 5 and Figure 6).

**Table 5.** Profitable electricity price for each of the EMS implemented as a function of the cost reduction of H<sub>2</sub> systems.

H <sub>2</sub> systems' Cost Reduction (%)	Profitable Electricity Price (€/kWh) (H <sub>2</sub> -Priority EMS)	Profitable Electricity Price (€/kWh) (Battery-Priority EMS)
0	0.61	0.40
10	0.56	0.38
20	0.52	0.35
30	0.47	0.33
40	0.43	0.31
50	0.38	0.29
60	0.34	0.26
70	0.29	0.24
80	0.25	0.22
90	0.21	0.19
100	0.16	0.17



**Figure 6.** Electricity price at which the studied microgrid becomes profitable based on H<sub>2</sub> systems cost reduction.

#### IV. CONCLUSIONS

Although a hydrogen-based microgrid (irrespective of the EMS implemented) has clear environmental benefits, it is not cost-effective from an economic point of view at present. In fact, although the hydrogen-priority EMS is more independent (from an energy point of view) from the main grid, it also has higher costs associated with hydrogen system replacements, which implies that this EMS has higher electricity prices that make the hydrogen-based microgrid cost-effective.

This paper has, in turn, clear political implications: the need for heavy investment in research and development, with the aim of reducing the costs associated with systems based on hydrogen technologies, as well as extending their lifetime (which will have a positive impact on the costs of replacing this equipment, which will be done in smaller quantities and at lower costs), which, in turn, will increase the profitability of hydrogen-based microgrids. Finally, this paper should be considered as a starting point to study the influence of different EMS on the economic and environmental impact and the economic profitability of these microgrids.

#### ACKNOWLEDGMENTS

This research has been funded by the Spanish Government, grant (1) Ref: PID2020-116616RBC31, grant (2) Ref: RED2022-134588-T REDGENERA and grant (3) Cátedra Cepsa. Proyecto HyGROBOT.

#### REFERENCES

- [1] World Bank, "The World Bank Annual Report 2018," *World Bank Annu. Rep. 2018*, Sep. 2018, doi: 10.1596/978-1-4648-1296-5.
- [2] M. Tabari and B. Shaffer, "Paying for performance: The role of policy in energy storage deployment," *Energy Econ.*, vol. 92, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.eneco.2020.104949.
- [3] M. S. Thopil, R. C. Bansal, L. Zhang, and G. Sharma, "A review of grid connected distributed generation using renewable energy sources in South Africa," *Energy Strateg. Rev.*, vol. 21, pp. 88–97, 2018, doi: https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.05.001.
- [4] A. M. Ferrario, F. J. Vivas, F. S. Manzano, J. M. Andújar, E. Bocci, and L. Martirano, "Hydrogen vs. Battery in the long-term operation. A comparative between energy management strategies for hybrid renewable microgrids," *Electron.*, vol. 9, no. 4, p. 698, 2020, doi: 10.3390/electronics9040698.
- [5] M. Mansoor, M. Stadler, H. Auer, and M. Zellinger, "Advanced optimal planning for microgrid technologies including hydrogen and mobility at a real microgrid testbed," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 46, no. 37, 2021, doi: 10.1016/j.ijhydene.2021.03.110.
- [6] J. Tobajas, F. Garcia-Torres, P. Roncero-Sánchez, J. Vázquez, L. Bellatreche, and E. Nieto, "Resilience-oriented schedule of microgrids with hybrid energy storage system using model predictive control," *Appl. Energy*, vol. 306, 2022, doi: 10.1016/j.apenergy.2021.118092.
- [7] A. Roy *et al.*, "A combined optimization of the sizing and the energy management of an industrial multi-energy microgrid: Application to a harbour area," *Energy Convers. Manag. X*, vol. 12, 2021, doi: 10.1016/j.ecmx.2021.100107.
- [8] R. Vincent, A. Houari, M. Ait-Ahmed, and M. F. Benkhoris, "Influence of different time horizon-based battery energy management strategies on residential microgrid profitability," *J. Energy Storage*, vol. 29, p. 101340, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101340.
- [9] M. M. Eskander and C. A. Silva, "Techno-economic and environmental comparative analysis for DC microgrids in households: Portuguese and French household case study," *Appl. Energy*, vol. 349, p. 121495, 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121495.
- [10] F. J. Vivas, A. De las Heras, F. Segura, and J. M. Andújar, "A review of energy management strategies for renewable hybrid energy systems with hydrogen backup," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 82, pp. 126–155, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.09.014.
- [11] F. J. Vivas, F. Segura, and J. M. Andújar, "Fuzzy logic-based energy management system for grid-connected residential DC microgrids with multi-stack fuel cell systems: A multi-objective approach," *Sustain. Energy, Grids Networks*, vol. 32, p. 100909, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.segan.2022.100909.
- [12] Hydrogen Council, "Path to hydrogen competitiveness A cost perspective," *Hydrog. Counc.*, 2020.
- [13] International Renewable Energy Agency, "GREEN HYDROGEN COST REDUCTION SCALING UP ELECTROLYSERS TO MEET THE 1.5°C CLIMATE GOAL H 2 O 2," 2020.

# Ajuste de las dimensiones de intercambiadores de calor enterrados de manera horizontal en instalaciones de energía geotérmica de muy baja entalpía

Pino Fernández, J., Ruiz Castilla, D., Martínez Bohórquez, M.A., Enríquez Gómez, J.M., Andújar Márquez, J.M.

Centro de Investigación en Tecnología, Energía y Sostenibilidad (CITES), Universidad de Huelva, Campus “La Rábida”, Huelva, España.

joaquin.delpino@diesia.uhu.es, daniel.ruiz@diesia.uhu.es, diego.tejada@diesia.uhu.es, bohorquez@diesia.uhu.es, juanm.enrique@diesia.uhu.es, andujar@diesia.uhu.es

**Resumen-** En la actualidad, resulta crucial obtener con precisión el valor de la difusividad térmica ( $\alpha$ ) del terreno a la profundidad del enterramiento de intercambiadores geotérmicos en instalaciones de energía geotérmica de muy baja entalpía (VLEGE), especialmente en aquellas con enterramiento horizontal. Este parámetro, que representa la relación entre la capacidad de conducción y la capacidad térmica del terreno (expresada en  $m^2/s$ ), desempeña un papel fundamental en el dimensionamiento adecuado.

Existen diversos métodos para calcular la difusividad térmica, desde enfoques teóricos y aproximados hasta métodos más precisos que involucran ensayos costosos directamente en el terreno de enterramiento. En la mayoría de los casos, los cálculos teóricos no se ajustan a la realidad, lo que puede resultar en un diseño de instalación que nunca funcione de manera óptima. Este problema es especialmente crítico cuando la instalación se encuentra debajo de edificios o viviendas, ya que las mejoras posteriores son difíciles de realizar.

En la práctica, este estudio ilustra mediante un ejemplo concreto cómo la implementación de un sistema económico de medición in situ de la temperatura del terreno, tal como se describe y presenta en distintos artículos de los autores, ofrece una herramienta precisa y valiosa para el dimensionamiento adecuado de instalaciones similares. Se realiza una comparación entre el método desarrollado y el enfoque teórico, permitiendo así cuantificar el margen de error.

**Palabras Clave-** Sondas low cost; geotermia; sondeos geotérmicos artesanales; VLEGE (very low enthalpy geothermal energy); difusividad térmica.

## I. INTRODUCCIÓN

El origen de la energía geotérmica de muy baja entalpía (VLEGE) se encuentra en el calor almacenado en las capas superficiales de la corteza terrestre. Una instalación de VLEGE, dedicada al intercambio de este calor con el terreno para su aprovechamiento, se utiliza principalmente en climatización, ya que la temperatura de intercambio es relativamente baja, alcanzando solo unas pocas decenas de grados. Se ha demostrado que a medida que nos adentramos desde la superficie, la temperatura del suelo converge hacia la temperatura media ambiente del lugar (Andújar et al., 2016). Desde aproximadamente 10 metros de profundidad hasta 30 metros (donde la temperatura aumenta a 3 °C por cada 100 metros) (Buzăianu et al., 2015; Graf et al., 2016), la

temperatura del suelo se mantiene constante durante todo el año, igualando la temperatura media ambiente del lugar. En climas subtropicales, como el español, donde la temperatura media anual suele ser benigna, la VLEGE puede ser una excelente fuente de energía renovable para climatización. Para garantizar una temperatura ambiente cercana a la media anual del lugar, es esencial transportar calor desde el suelo a la vivienda en invierno y viceversa en verano. Dependiendo de estos factores, el soporte térmico necesario y, por lo tanto, el gasto energético para lograr la temperatura de confort en la vivienda puede ser mínimo. A modo de ejemplo, en una ciudad con una temperatura media anual de 20° C, una instalación de VLEGE correctamente dimensionada, enterrada a solo 5 metros de profundidad, puede mantener una temperatura ambiente constante de 20° C  $\pm$  2° C durante todo el año (Andújar et al., 2016).

Para dimensionar adecuadamente una instalación de VLEGE, es crucial conocer con la mayor precisión posible la tasa de intercambio de calor del terreno con los colectores utilizados como intercambiadores. Esto implica considerar la temperatura del suelo en dos ubicaciones de igual temperatura media anual, análoga a la misma profundidad. El dimensionado correcto de una instalación VLEGE puede variar significativamente en ambos casos, dependiendo de la relación entre la conducción del terreno y el calor que almacena, es decir, de la predominancia del fenómeno conductivo sobre el de almacenamiento. La difusividad térmica ( $\alpha$ ,  $m^2/s$ ) es el parámetro que informa sobre esta propiedad del terreno (Parker W. J. et al., 1961), siendo clave para el dimensionado preciso de una instalación de VLEGE. Por lo tanto, los dos parámetros fundamentales a considerar para el diseño de VLEGE son la temperatura del suelo a la profundidad  $z$  donde se posicionan los colectores y la difusividad térmica del terreno a esa profundidad ( $\alpha z$ ).

Debido a que la difusividad térmica del suelo varía según el tipo de suelo, la densidad y el contenido de agua, existe una amplia gama de valores posibles. Por ejemplo, estudios indican que la difusividad térmica de la tierra puede variar desde  $1,72 \times 10^{-6} m^2/s$  a  $3 \times 10^{-6} m^2/s$  (Taylor & Ashcroft, 1972), mientras que para un suelo arenoso con densidad de  $1,46 \times 10^3 kg/m^3$ , la difusividad térmica puede oscilar entre  $0,3 \times 10^{-6} m^2/s$  a  $1,1 \times 10^{-6} m^2/s$  (Hillel, 1982).

La medición de la difusividad térmica del suelo no es sencilla, ya que, aunque puede realizarse con precisión en

laboratorio a partir de una probeta del suelo (Fujii et al., 2009) o en el terreno mediante un test de respuesta térmica (Gehlin, 2002), ambos procedimientos son lentos, costosos e imprácticos desde el punto de vista de una instalación de VLEGE asociada al ritmo de una construcción (edificio, vivienda, etc.).

En este contexto, se ha llevado a cabo una considerable investigación con el objetivo de encontrar un método rápido, práctico y económico que permita medir o estimar la difusividad térmica con una precisión razonable. Por ejemplo, Koo & Song (2008) realizaron una estimación de la difusividad térmica ( $\alpha$ ) comparando datos de temperatura medidos en diferentes pozos, utilizando una ecuación diferencial en derivadas parciales de tipo parabólica, que describe la distribución del calor (o variaciones de la temperatura) en una región del suelo a lo largo del tiempo. Otras investigaciones teóricas pueden encontrarse en Ciriello et al. (2015).

En cuanto a la medida de la temperatura del suelo, se suelen utilizar sondas de temperatura. Smerdon et al. (2003) relacionan la tasa de cambio de temperatura media en cada nivel de profundidad de una sonda enterrada con la temperatura del aire en la superficie. Por otro lado, Vidal et al. (2012) proponen una sonda de temperatura enterrada a dos metros de profundidad, consistente en sensores de temperatura del tipo Pt100, ubicados a 50 cm uno de otro.

En la práctica, se recurre a menudo al uso de datos tabulados de conductividad térmica derivados de medidas y cálculos más o menos empíricos. La Tabla 1 (Hillel, 1982) muestra, según el tipo de terreno, un rango de valores de conductividad térmica, capacidad calorífica volumétrica y difusividad térmica. Estos datos son aproximados, ya que la composición y compactación del terreno pueden variar considerablemente entre profundidades e incluso si entra en juego la humedad o una corriente de agua.

En base al análisis realizado, el problema abordado en este trabajo y que constituye su novedad, consiste en encontrar un método rápido, fiable y económico que permita la medida de la difusividad térmica del suelo a una profundidad  $z$  ( $\alpha z$ ), adaptado a los requisitos de una obra en construcción. Como se verá, trabajar con un dato erróneo puede dar lugar a una instalación de VLEGE ineficiente, lo cual, como se ha mencionado, suele ser difícil de corregir posteriormente.

## II. MÉTODO DE TRABAJO

### A. Hardware desarrollado

Se desarrolló un hardware con el objetivo de diseñar e implementar un dispositivo que, junto con una metodología también diseñada, permitiera determinar de manera fiable, económica y adecuada a los tiempos de una obra en construcción, la difusividad térmica del terreno. El experimento se llevó a cabo en el recinto del Centro de Investigación en Tecnología, Energía y Sostenibilidad (CITES) de la Universidad de Huelva.

La Figura 1 presenta la distribución teórica de la temperatura en el subsuelo del CITES a lo largo de las cuatro estaciones del año. Todas las curvas convergen alrededor de los 20 °C a unos 15 metros, coincidiendo con la media anual del lugar.

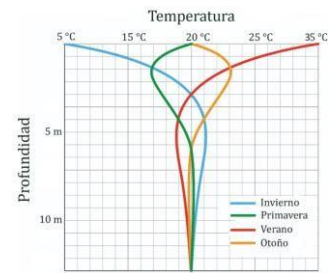


Fig. 1. Distribución natural teórica de la temperatura del suelo en el CITES. Adaptado de Girodgeoeternia.com

En la primera fase del experimento, se diseñó, implementó y enterró una sonda de temperatura hasta 16 metros de profundidad utilizando una barrena de 96 milímetros de diámetro. La sonda de temperatura (Figura 2) consta de un tubo de PVC de 16 metros de longitud y 25 mm de diámetro, que alberga 19 sensores de temperatura (ST1-ST19) con salida digital y protocolo de comunicación 1-Wire® (Andújar et al., 2010).

Los sensores están espaciados a intervalos de 50 cm en los primeros dos metros de profundidad y, a partir de ahí, a un metro de distancia hasta los dieciséis metros de profundidad. Están adheridos a un anillo de metal para favorecer la transmitancia térmica entre el terreno y el sensor (Figura 2). Todas las conexiones del bus con cada sensor de temperatura están cubiertas por un gel polimérico aislante y auto sellante, proporcionando una protección IP68.



Fig. 5. Fig. 2: Distribución de los sensores a lo largo del tubo de PVC en los primeros 3 metros.

La Figura 3 muestra el canal de instrumentación y control diseñado para la adquisición de las medidas de temperatura de la sonda, actualizado respecto a estudios anteriores (Andújar et al., 2016). Los 19 sensores se conectan a través de un bus 1-Wire®, un sistema de comunicación de bajo costo para transmisiones digitales sobre cable de par trenzado.

Cada sensor tiene un código único de 64 bits, lo que permite conectar varios sensores a un mismo bus de forma rápida, sencilla y económica.

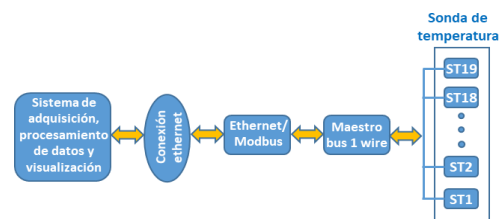


Fig. 3: Diagrama de bloques del sistema desarrollado para medir la temperatura del suelo.

Utilizando el código de cada sensor, se obtiene la medición de temperatura de estos desde el sistema de adquisición, procesamiento de datos y visualización, que

Tabla I: Conductividad térmica, capacidad calorífica volumétrica y difusividad térmica para diferentes tipos de suelo.

Tipo de roca	Conductividad térmica (W/mK)			Capacidad térmica volumétrica (MJ/m³K)	Difusividad térmica (10 <sup>-6</sup> m²/s)		
	Min.	Tipic.	Max.		Min.	Tipic.	Max.
Basalto	1,2	1,7	2,3	2,6	0,5	0,65	0,88
Diorita	2	2,6	2,9	2,9	0,6	0,90	1
Gabro	1,7	1,9	2,5	2,6	0,65	0,73	0,96
Granito	2,1	3,4	4,1	3	0,7	1,13	1,37
Peridotita	3,8	4	5,3	2,7	1,41	1,48	1,96
Gneiss	1,9	2,9	4	2,4	0,79	1,21	1,67
Marmol	1,3	2,1	3,1	2	0,65	1,05	1,55
Mica	1,5	2	3,1	2,2	0,68	0,91	1,41
Esquisto sedimentario	1,5	2,1	2,1	2,5	0,6	0,84	0,84
Caliza	2,5	2,8	4	2,4	1,04	1,17	1,67
Marga	1,5	2,1	3,5	2,3	0,65	0,91	1,52
Cuarcita	3,6	6	6,6	2,2	1,64	2,73	3
Sal	5,3	5,4	6,4	1,2	4,42	4,5	5,33
Arenisca	1,3	2,3	5,1	2,8	0,46	0,82	1,82
Limolitas y argilitas	1,1	2,2	3,5	2,4	0,46	0,92	1,46
Grava seca	0,4	0,4	0,5	1,6	0,25	0,25	0,31
Grava saturada de agua	1,8	1,8	1,8	2,4	0,75	0,75	0,75
Arena seca	0,3	0,4	0,55	1,6	0,19	0,25	0,34
Arena saturada de agua	1,22	3,8	5,4	2,07	0,59	1,85	2,62
Arcilla/limo seco	0,4	0,5	1	1,6	0,25	0,31	0,62
Arcilla/limo saturado de agua	0,9	1,7	2,3	3,4	0,26	0,50	0,68
Turba	0,2	0,4	0,7	3,8	0,05	0,10	0,18

consiste en un PC con una tarjeta de adquisición de datos conectado a internet. Para la interfaz de usuario, se utiliza un instrumento virtual desarrollado para este propósito. En el caso de la cobertura wifi del CITES, la sonda de temperatura es un dispositivo conectado. Sin embargo, para situaciones en obra donde no exista esta facilidad de conexión, el sistema está preparado para operar vía GSM/GPRS. Los datos recopilados de la sonda se exportan a un archivo de texto plano para su almacenamiento y análisis posterior.

**B. Metodología de la medición**

Existen diversas expresiones en la literatura que proporcionan la temperatura del suelo a cualquier profundidad  $z$ , como la obtenida en (Sepaskhah & Boersma, 1979) a partir de la solución de la ecuación del calor. No obstante, estas expresiones presentan un inconveniente al requerir el conocimiento previo de la difusividad térmica a esa profundidad ( $\alpha_z$ ). La investigación llevada a cabo por los autores aborda este problema desde otra perspectiva, planteándose si es posible, gracias al sistema desarrollado y presentado en la sección 2.1, conocer con precisión la temperatura del suelo a una profundidad dada. Además, al conocer la composición del suelo mediante ensayos geotécnicos necesarios en cualquier construcción, se puede calcular la difusividad térmica del terreno de manera precisa.

Este enfoque fue aplicado en (Andújar et al., 2016), dándole lugar a la expresión (1).

$$\alpha_z = \frac{\pi}{T} \left( \frac{z}{\ln \frac{T_p}{T_z - T_m}} \right)^2 \quad (1)$$

La ecuación (1) indica que es posible calcular la difusividad del terreno a la profundidad  $z$  en metros a partir de los siguientes parámetros:

$T$ : Los ciclos anuales de la temperatura del suelo en superficie y próxima a ella siguen un patrón de función armónica simple, representando el periodo de la senoide del ciclo de

temperatura anual ( $3,1557 \times 10^7$ s).

$T_p$ : Pico de la onda de temperatura en superficie, siendo, por ejemplo,  $T_p = 12,5$  °C si la temperatura media del mes más frío es de 10 °C y del mes más cálido es de 35 °C.

$T_z$ : Temperatura medida por la sonda desarrollada a la profundidad  $z$ .

$T_m$ : Temperatura media en el sitio.

Aplicando la expresión (1) con los datos obtenidos mediante la sonda de temperatura desarrollada, se calculó el valor de  $\alpha_z$  del terreno a una profundidad  $z = 4$  m, obteniendo un resultado de  $1,4966 \times 10^{-6}$  m²/s.

**III. CASO DE ESTUDIO**

Se presenta un ejemplo de dimensionado de una instalación VLEGE con enterramiento horizontal, utilizando la metodología sugerida por la *International Ground Source Heat Pump Association* (IGSHPA, 2023), basada en la teoría de la fuente lineal de Kelvin (Carslaw & Jaeger, 1959). El caso de estudio considera una vivienda de 90 m² con semisótano en el Centro de Investigación en Tecnología, Energía y Sostenibilidad (CITES), utilizando valores medidos en la investigación.

La profundidad de enterramiento de los colectores se elige aprovechando la excavación necesaria para la construcción de la vivienda, siendo esta de 4 m sobre la cual se ubicará la losa de hormigón. Se analizan dos escenarios de dimensionado: el tradicional, aplicando valores de la Tabla 1 según el tipo de terreno, y el propuesto en la investigación basado en el conocimiento de la temperatura del terreno.

Considerando que el terreno se asemeja a arena saturada de agua, con una difusividad térmica que varía entre  $0,59 \times 10^{-6}$  m²/s y  $2,62 \times 10^{-6}$  m²/s, se elige el valor intermedio de  $\alpha_4m(\text{tablas}) = 1,85 \times 10^{-6}$  m²/s. No obstante,

la investigación obtuvo  $\alpha_{4m}(\text{medida}) = 1,4966 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Aplicando la metodología IGSHA y el método ASHRAE

(Kavanaugh S.P., et al., 1997), las longitudes del tubo intercambiador con el terreno de la VLEGE se calculan para calefacción y refrigeración mediante las expresiones (2) y (3), respectivamente.

$$L_{cal} = \frac{P_{cal} \frac{COP_{cal} - 1}{COP_{cal}} \cdot (R_t + R_s \cdot F_{uso(cal)})}{T_{L(4m)} - T_{MIN}} \quad (2)$$

$$L_{ref} = \frac{P_{ref} \frac{COP_{ref} + 1}{COP_{ref}} \cdot (R_t + R_s \cdot F_{uso(ref)})}{T_{MAX} - T_{H(4m)}} \quad (3)$$

Donde:

$L_{cal}$  y  $L_{ref}$  (m) son las longitudes del colector necesarias para calefacción y refrigeración.

$P_{cal}$  y  $P_{ref}$  (W) son las potencias de la bomba de calor en calefacción y refrigeración.

$COP_{cal}$  y  $COP_{ref}$  (adimensional) son los COP de la bomba de calor en calefacción y refrigeración.

$R_t$  (m.K/W) es la resistencia térmica de las paredes del material de las tuberías del colector.

$R_s$  (m.K/W) es la resistencia térmica de los intercambiadores, inversa a la conductividad térmica  $k$  (W/m.K).

$F_{uso(cal)}$  y  $F_{uso(ref)}$  (adimensional) son los factores de uso de la bomba en calefacción y refrigeración.

$T_L$  y  $T_H$  son las temperaturas medias mensuales mínima y máxima del terreno a 4 m, medidas por la sonda de temperatura.

$T_{MIN}$  y  $T_{MAX}$  son las temperaturas medias mensuales mínima y máxima de diseño del líquido calor-transporte a la entrada/salida del colector geotérmico, salida/entrada de la bomba de calor.

#### A. Bomba de calor

Se realizan cálculos de los requerimientos de potencia calorífica y frigorífica, así como el rango de temperaturas de entrada del líquido calor-transporte en ciclos de frío y calor en una bomba geotérmica, considerando diversos factores como el lugar de instalación, requerimientos de confort térmico, calidad de aislamientos de vivienda, usos, ocupación y superficie. Los criterios descritos en (Fernández Cordón, et al., 2001) para la climatización de la vivienda caso de estudio se aplican para seleccionar una bomba geotérmica con características detalladas en la Tabla 2.

La Tabla 2 proporciona las temperaturas de entrada del fluido calor-transporte a la bomba de calor, pero para calcular la longitud necesaria del colector se requieren las temperaturas de salida, necesarias para calcular las medias  $T_{MIN}$  y  $T_{MAX}$  (ecuaciones (2) y (3)). Las temperaturas de salida se calculan mediante (4) y (5),

$$T_{salida(cal)} = T_{entrada(cal)} - \frac{P_{cal} \frac{COP_{cal} - 1}{COP_{cal}}}{C_{esp} \cdot Q}$$

$$T_{salida(ref)} = T_{entrada(ref)} + \frac{P_{ref} \frac{COP_{ref} + 1}{COP_{ref}}}{C_{esp} \cdot Q} \quad (4)$$

donde:

$T_{salida(cal)}$  y  $T_{salida(ref)}$  son las temperaturas de salida del fluido calor-transporte de la bomba en calefacción y refrigeración.

$T_{entrada(cal)}$  y  $T_{entrada(ref)}$  son las temperaturas de entrada del fluido calor-transporte de la bomba en calefacción y refrigeración. Para maximizar el  $COP$  de la bomba en calefacción (12 °C según la Tabla 2) y minimizarlo en refrigeración (30 °C según la Tabla 2).

$P_{cal}$  y  $P_{ref}$  (W) son, según la Tabla 2, 9,5 kW y 13,5 kW respectivamente.

$COP_{cal}$  y  $COP_{ref}$  son, según la Tabla 2, 5 y 4 respectivamente.

$C_{esp}$  es el calor específico del fluido calor-transporte, utilizando etilenglicol con  $C_{esp} = 2408,62 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$  (Guasch, 2023).

$Q$  es el caudal volumétrico de la bomba, expresado en l/s. Según la Tabla 2, serían 3000 l/h, equivalente a 0,83 l/s.

Tabla II: Características bomba geotérmica

Parámetro	Valor
$P_{cal}$	9,5 kW
$P_{ref}$	13,5 kW
$COP_{cal}$	5
$COP_{ref}$	4
Caudal	3000 l/h
Rango $T_{MIN}$ de entrada del fluido a la bomba	[9-12] °C
Rango $T_{MAX}$ de entrada del fluido a la bomba	[30-35] °C

Con estos datos y aplicando (4) y (5), se obtienen los valores de las temperaturas de salida.

$$T_{salida(cal)} = 12^\circ\text{C} - \frac{9450\text{W} \frac{5-1}{5}}{2408,60 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot \left(\frac{3000 \frac{\text{l}}{\text{h}}}{3600\text{s}}\right)} = 8,21^\circ\text{C} \quad (6)$$

$$T_{salida(ref)} = 30^\circ\text{C} + \frac{13500\text{W} \frac{4+1}{4}}{2408,60 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \cdot \left(\frac{3000 \frac{\text{l}}{\text{h}}}{3600\text{s}}\right)} = 38,41^\circ\text{C} \quad (7)$$

Luego, mediante (8) y (9), se calculan  $T_{MIN}$  y  $T_{MAX}$

$$T_{MIN} = \frac{T_L + T_{salida(cal)}}{2} = \frac{12^\circ\text{C} + 8,21^\circ\text{C}}{2} = 10,11^\circ\text{C} \quad (8)$$

$$T_{MAX} = \frac{T_H + T_{salida(ref)}}{2} = \frac{30^\circ\text{C} + 38,41^\circ\text{C}}{2} = 34,21^\circ\text{C} \quad (9)$$

La resistencia de la tubería, característica de los tubos a diversas presiones de trabajo (Hellström, 1991), se expresa como:

$$R_t = \frac{\ln(D_o/D_i)}{2\pi k_p} \quad (10)$$

donde :

$D_o$  es el diámetro exterior del tubo,  $D_i$  es el diámetro interior del tubo y  $k_p$  es la conductividad térmica del material del tubo en W/m.K. Por ejemplo, para tubería de PE100 PN10 DN ( $\varnothing 40 \text{ mm}$ ),  $R_t = 0,0645 \text{ K}/(\text{W}/\text{m})$ .

### B. Dimensionamiento del intercambiador

Para determinar la longitud del intercambiador que se va a enterrar, es necesario emplear las ecuaciones (2) y (3). De todos los parámetros involucrados, el valor aún desconocido es la resistencia térmica del intercambiador,  $R_s$ . Aplicando la ley de Fourier para la transferencia de calor (Busso et al., 2000) y considerando que la conductividad térmica del terreno

( $k$ ) es la inversa de  $R_s$ , se pueden obtener los valores de  $R_s$  a partir de la ecuación (11).

$$k = c \cdot \alpha \quad (11)$$

Donde " $c$ " representa la capacidad de calor volumétrico del terreno, en este caso,  $c = 2,07 \text{ MJ/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$ , y " $\alpha$ " es la difusividad térmica en  $\text{m}^2/\text{s}$ . Como se mencionó anteriormente, el objetivo de este trabajo es comparar los resultados obtenidos en el cálculo de la longitud del intercambiador utilizando el valor teórico de  $\alpha$ , denominado  $\alpha_{4m}(\text{tablas}) = 1,85 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ , o el valor obtenido a través de las temperaturas de la sonda a 4m de profundidad,  $\alpha_{4m}(\text{medida}) = 1,4966 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .

A partir de (11):

$$R_{s(\alpha_{4m}(\text{tablas}))} = \frac{1}{2,07 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3 \text{ }^\circ\text{C}} \cdot 1,85 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} = 0,2611 \text{ m}^2\text{C/W} \quad (12)$$

$$R_{s(\alpha_{4m}(\text{medidas}))} = \frac{1}{2,07 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3 \text{ }^\circ\text{C}} \cdot 1,4966 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} = 0,3228 \text{ m}^2\text{C/W} \quad (13)$$

En el caso de refrigeración, aplicando la ecuación (3), las longitudes calculadas son de 182,92 m utilizando el método del valor teórico y de 200,9 m con el valor obtenido mediante las mediciones de temperatura. Esto implica un error del 8,9%. Asimismo, para calefacción, utilizando la ecuación (2), la longitud del intercambiador es de 162,4 m con el valor de la difusividad obtenido de las tablas y de 179,52 m con las mediciones de temperatura, lo que representa un error del 17,8%.

En el dimensionado del intercambiador, se elige siempre el valor más alto de calefacción y refrigeración, por lo que la comparación real es entre 200,9 m y 182,92 m, resultando en un error del 8,96%.

Estos tubos se enterrarán a una profundidad de 4 m en toda la superficie de la planta de la casa. En ambos casos, ya sea en calefacción o refrigeración, el sistema diseñado utilizando el valor teórico está subdimensionado. La dificultad radica en que, una vez enterrado el tubo, el edificio se construye sobre él, lo que impide el acceso o la reparación. Este error persistirá durante toda la vida útil de la instalación y requerirá un mayor aporte de energía eléctrica a lo largo del tiempo, generando un considerable gasto económico que podría haberse evitado en la fase de diseño.

### IV. CONCLUSIONES

En el diseño e implementación de sistemas geotérmicos, especialmente en aquellos de muy baja entalpía (VLEGE) con enterramiento horizontal, es esencial conocer con precisión el valor de la difusividad térmica del terreno ( $\alpha z$ ) a la profundidad  $z$  donde se va a enterrar el tubo del intercambiador geotérmico. Tradicionalmente, se emplea un valor teórico de difusividad basado en la composición del terreno.

Este trabajo propone una metodología basada en estudios

previos para calcular la difusividad térmica. Utiliza una sonda de temperatura enterrada en el terreno futuro de la infraestructura geotérmica y, a partir de estos datos, realiza un cálculo más preciso de la difusividad y, por ende, de la longitud del intercambiador. Se demuestra prácticamente con un ejemplo. Es importante señalar que una vez enterrado el intercambiador horizontal, generalmente a una profundidad de 3 a 5 m, es común construir el edificio encima, lo que significa que cualquier error en el cálculo del dimensionamiento se vuelve irreversible.

Actualmente, el sistema descrito se está mejorando al medir no solo la temperatura, sino también la humedad del terreno. Se busca incorporar el parámetro de lluvia para obtener un valor más preciso de la difusividad térmica. Además, se trabaja en reducir al máximo los períodos de toma de muestras, aproximadamente a un mes, manteniendo la fiabilidad del proceso.

### REFERENCIAS

- Andújar Márquez, J., Martínez Bohórquez, M. A., & Gómez Melgar, S. (2016). Ground Thermal Diffusivity Calculation by Direct Soil Temperature Measurement. Application to very Low Enthalpy Geothermal Energy Systems. *Sensors*, Vol. 16. <https://doi.org/10.3390/s16030306>
- Andújar, J. M., Martínez M. A., Medina, J. (2010). Device for obtaining the surface temperature of an object. Pat. WO2010061016, <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2010061016>
- Busso, A. J., Reuß, M., Müller, J., & Sogari, N. (2000). Almacenamiento subterráneo de energía térmica: resultados de un ensayo de respuesta térmica del subsuelo. *Avances en EERR y Medio Ambiente*, 4, 2-3.
- Buzăianu, A., Csáki, I., Moțoiu, P., Popescu, G., Thorbjörnsson, I., Ragnarsdóttir, K. R., ... Goubmunson, D. (2015). Recent advances of the basic concepts in geothermal turbines of low and high enthalpy. *Trans Tech Publ*. Retrieved from <https://www.scientific.net/AMR.1114.233>
- Carslaw H S, Jaeger J C. (1959), *Conduction of Heat in Solids*. London Oxford University Press
- Ciriello, V., Bottarelli, M., Di Federico, V., & Tartakovsky, D. M. (2015). Temperature fields induced by geothermal devices. *Energy*, 93, 1896–1903. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.10.052>
- Fernández Cordon, J., Canto Casasola, V., Hernández Rodríguez, J., & Viciano Fernández, F. (2001). Hogares y familias en Andalucía. Instituto de Estadística de Andalucía.
- Fujii, H., Okubo, H., Nishi, K., Itoi, R., Ohyama, K., & Shibata, K. (2009). An improved thermal response test for U-tube ground heat exchanger based on optical fiber thermometers. *Geothermics*, 38(4), 399–406. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2009.06.002>
- Gehlin, S., (2002). Thermal response test method development and evaluation. Doctoral Thesis.
- Graf, S., Lanzerath, F., Sapienza, A., Frazzica, A., Freni, A., & Bardow, A. (2016). Prediction of SCP and COP for adsorption heat pumps and chillers by combining the large-temperature-jump method and dynamic modeling. *Applied Thermal Engineering*, 98, 900–909. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.12.002>
- Guasch. Características del líquido de refrigeración. Application note AN090903\_c
- Hillel, D. (1982). Introduction Soil Physics.pdf. In Introduction

- to Soil Physics. Academic Press.
- Hellström, G. (1991). Ground heat storage : thermal analyses of duct storage systems . Doctoral Thesis (monograph), Mathematical Physics. 88-89
- International Ground Source Heat Pump Association (IGSHPA). Retrieved from <https://igshpa.org/>
- Kavanaugh, S.P, Rafferty, K. (1997), Ground source heat pumps. Design of geothermal systems for commercial and institutional buildings. USA: ASHRAE; 1997.
- Koo, M. H., & Song, Y. (2008). Estimating apparent thermal diffusivity using temperature time series: A comparison of temperature data measured in KMA boreholes and NGMN wells. *Geosciences Journal*, 12(3), 255– 264. <https://doi.org/10.1007/s12303-008-0026-5>
- Parker, W. J., Jenkins, J., Butler, P., Abbot, L. (1961). Flash Method of Determining Thermal Diffusivity, Heat Capacity, and Thermal Conductivity. *Journal of Applied Physics*, 32, 1679–1684. <https://doi.org/10.1063/1.1728417>
- Sepaskhah, A., & Boersma, L. (1979). Thermal Conductivity of Soils as a Function of Temperature and Water Content 1. *Di.Sciencesocieties.Org*,43(3), 439–444. Retrieved from <https://dl.sciencesocieties.org/publications/sssaj/abstracts/43/3/SS043003>
- Smerdon, J. E., Pollack, H. N., Enz, J. W., & Lewis, M. J. (2003). Conduction- dominated heat transport of the annual temperature signal in soil. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 108(B9), 1–6. <https://doi.org/10.1029/2002jb002351>
- Taylor, S., & Ashcroft, G. (1972). Physical edaphology. The physics of irrigated and nonirrigated soils. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19731901994>
- Vidal, A., Chavez, J., Lumberras, J. A., Sánchez, A., Fernández, E., Viguera, M. O., ... Castellanos, A. (2012). Características del subsuelo y perfiles de temperaturas para proyectos de enfriamiento pasivo en zonas costeras de México. *Uv.Mx*

# Mejora de la fiabilidad de un sistema eléctrico de distribución mediante reconfiguración con enfoque probabilista

Jesus Clavijo-Camacho, Francisco J. Ruiz-Rodríguez, Reyes S. Herrera y J. A. Hernández Torres  
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Térmica, de Diseño y Proyectos  
Universidad de Huelva

Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Campus El Carmen, Avda. de las Fuerzas Armadas, Huelva  
jesus.clavijo@die.uhu.es, javier.ruiz@die.uhu.es, reyes.sanchez@die.uhu.es,  
joseantonio.hernandez@dimme.uhu.es

**Resumen-** La integración de la generación distribuida al sistema eléctrico promueve la construcción y operación de redes de distribución robustas y eficientes. Este trabajo presenta la mejora del índice general de probabilidad de fallo de estos sistemas eléctricos. Para llevar a cabo esta tarea se realizarán reconfiguraciones en la topología de los sistemas de distribución. Para considerar las incertidumbres de demanda y generación de los sistemas eléctricos, se aplica el flujo de carga probabilístico utilizando el método de Monte Carlo.

El estudio genera una lista ordenada de menor a mayor índice de probabilidad de fallo de cada sistema reconfigurado con la restricción de operar en radial. Se ha desarrollado un novedoso análisis basado en grafos para explorar todos los posibles sistemas radiales reconfigurando el inicial. Finalmente, el algoritmo creado para mejorar la fiabilidad de los sistemas eléctricos se realiza en un sistema real, generando resultados que fundamentan la efectividad del estudio.

**Palabras Clave-** Flujo de carga probabilista, reconfiguraciones, Monte Carlo, probabilidad de fallo

## I. INTRODUCCIÓN

El elevado coste de la energía, la inestabilidad geopolítica y las diferentes líneas de subvención por parte de los gobiernos, han hecho que se dispare el interés por la autosuficiencia energética y la generación distribuida (GD) mediante fuentes de energía renovables [1], tanto en el ámbito doméstico como en el industrial. La reciente integración de estas fuentes de energía renovable a pequeña escala en el sistema eléctrico de distribución implica la construcción y operación de redes fiables y eficientes. La mayoría de estos sistemas trabajan de forma radial, dado su simplicidad de operación. Como la generación distribuida normalmente tiene escasa potencia, se conectan a estos sistemas de distribución, que en su diseño se consideraron pasivos. Esto puede llevar a mal funcionamiento de la red por sobregeneración y/o sobrecarga, incluso otros problemas inherentes a la GD. Sin embargo, siempre se puede buscar la mejor configuración radial con el fin de maximizar su eficiencia y funcionalidad.

En este trabajo se propone un método de reconfiguración del sistema de distribución, basado en análisis grafológico. Cada sistema reconfigurado tendrá asociado un índice de probabilidad de fallo que se calculará tras el flujo de cargas probabilista en cada caso.

Para la completa integración de este tipo de generación es necesario realizar flujos de cargas con generación distribuida considerando la carga demandada y la potencia generada como valores probabilistas. Para ello el flujo de cargas se realiza con el método de Montecarlo, así se permite incorporar en el estudio las incertidumbres que presentan los elementos del sistema.

## II. FLUJO DE CARGA PROBABILISTA

### A. Flujo de carga

El flujo de carga es un análisis numérico usado para resolver el estado del sistema eléctrico en régimen permanente. El análisis tiene como objetivo obtener las tensiones en los nudos y los flujos de potencia a través de todas las líneas que los interconectan. Con este propósito se usará el método de las matrices *Bus Injection to Branch Current* (BIBC) y *Branch Current to Bus Voltage* (BCBV) [2] que especialmente está diseñado para redes radiales. Este método recoge de forma matricial la solución al flujo de carga mediante el barrido iterativo[3].

Además, al incorporar la generación distribuida, es necesario modificar este método añadiendo el método de Compensación Base [4] basado en la inyección de potencia reactiva para conseguir la tensión asignada al nudo en el que se encuentra esta generación. Esto solo se realizará en los nudos considerados como generadores (nudos PV).

Una vez presentado el algoritmo usado para resolver el flujo de cargas, se desarrolla la forma probabilista de abordarlo.

### B. Método de Montecarlo

Este método analítico proporciona estimaciones estadísticas confiables. Mientras más veces se realiza el flujo de cargas siguiendo una función de distribución acumulativa (PDF sus siglas en inglés) para cada dato de entrada más realistas serán los resultados. En cada iteración se irá guardando cada dato de salida tales como potencias por las líneas, tensiones en los nudos...etc. para posteriormente obtener una PDF de cada uno de ellos como resultado. En la aplicación de este método al flujo de carga probabilista se encaja de la forma esquematizada en la figura 1, siendo  $M$  el número de veces que se itera en el método.

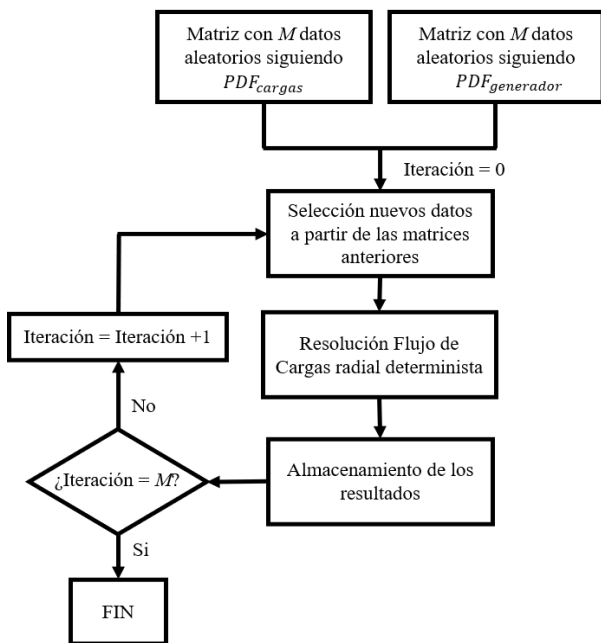


Fig.1. Flujograma del flujo de cargas probabilista por el método de Montecarlo

C. Modelos probabilistas: carga y generación

Los datos de entrada siguen unas PDF que se generan en función del modelo matemático que mejor represente a las cargas y generadores que se quieran introducir en el sistema.

Para la carga se ha usado una distribución de probabilidad normal centrada en la media como carga demandada [5] y con un porcentaje de esta media como desviación típica.

Para la generación se usa el modelo presentado en [5], además de haber presentado la demanda, el autor Conti S. modela el generador fotovoltaico en función de la nubosidad y claridad del día, además se tienen en cuenta la inclinación del panel, el día del año junto a la irradiancia estratosférica, la altitud, la longitud geográfica...etc.

Se extraen  $M$  número de datos aleatoriamente siguiendo estas PDF en cada caso, tal y como se observa en la figura 1.

Finalmente, se realiza el flujo de cargas  $M$  veces, eligiendo cada vez un dato de entrada y se guardan los resultados que se obtienen.

III. ÍNDICE PROBABILIDAD DE FALLO

El índice de probabilidad de fallo del sistema es el siguiente:

$$P^d = P_i \cdot P_i^d \tag{1}$$

Donde  $P_i$  es la probabilidad de que ocurra la contingencia  $i$  y  $P_i^d$  es la probabilidad de que dada la contingencia  $i$  el sistema falle. Para este estudio la única contingencia contemplada es la del estado normal. Para que un sistema eléctrico funcione en estado normal depende de la disponibilidad cada línea que lo compone. Esta disponibilidad [6] se calculará con sus  $\lambda$  y  $\mu$ , ratios de fallo y reparación, respectivamente.

Y para que, dado el estado normal el sistema falle, dependerá de dos condiciones:

- La probabilidad de que la tensión en un nudo se mantenga dentro de los límites inferior y superior establecidos, ver Tabla II

- La probabilidad de que el flujo de potencia aparente por las líneas sea menor que el límite de transporte establecido para cada una.

Tal y como se ha visto, el índice de fallo del sistema se calculará una vez se tenga resuelto el flujo de cargas probabilista pues serán necesarias las PDF de las tensiones en todos los nudos y la potencia de transmisión en las diferentes líneas para realizar las consultas que se listan en el párrafo anterior.

IV. RECONFIGURACIONES

Al sistema radial inicial se le añadirán líneas alternativas haciéndolo pasar de radial a mallado y tras un análisis grafológico se crean  $C$  nuevos sistemas radiales. Para el ejemplo propuesto en la figura 2,  $C=10$ , pero no todos cumple con las restricciones de ser radial. En este proceso de reconfiguraciones y, al ser obligatoriamente radiales, deberán de cumplir una serie de restricciones:

- El sistema debe ser completamente conexo. No pueden coexistir dos subsistemas no interconectados entre sí.
- El sistema debe ser completamente radial. No pueden darse bucles en su topología y deben existir  $N-1$  líneas siendo  $N$  el número total de nudos.

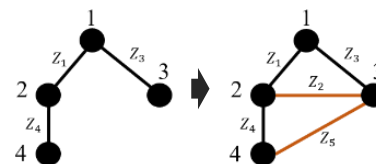


Fig.2. Paso del sistema de ejemplo inicialmente con topología radial a mallada.

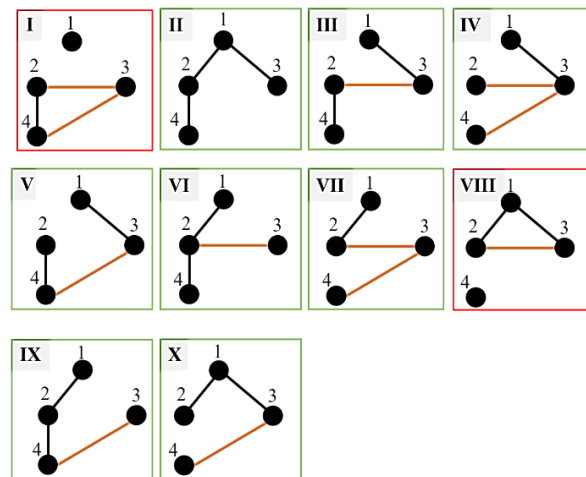


Fig.3. Reconfiguraciones realizadas al sistema propuesto en la figura 2.

Se observa en la figura 2 como de los 10 sistemas reconfigurados creados, dos de ellos, recuadrados en rojo, no cumple con los requisitos anteriores, por tanto, estos quedarían descartados.

El algoritmo se ha creado en *Matlab* con funciones propias para realizar grafos y consultar las propiedades de este. Así es posible trabajar de manera más eficiente.

Orden	Sistema Reconfigurado N.º	Probabilidad de fallo (tanto por uno)	Pér. Potencia Activa: $\mu$	$\sigma^2$	Pér. Potencia Reactiva: $\mu$	$\sigma^2$
1	35	0.000008	0.00135691	4.22E-07	0.01203356	3.09E-05
2	36	0.000009	0.0010685	2.34E-07	0.01091202	2.41E-05
3	37	0.000010	0.00101125	2.09E-07	0.01034274	2.21E-05
4	38	0.000013	0.0010091	2.05E-07	0.0103035	2.25E-05
5	39	0.0000101	0.00104287	2.31E-07	0.01057389	2.55E-05
		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
48	1	0.0908997	0.00986143	4.63E-05	0.07740748	0.00233791
		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
63	2	0.24185059	0.01045379	3.69E-05	0.03939606	0.00047541
64	3	0.2473472	0.01040979	3.17E-05	0.03917285	0.00041486

Fig.4. Resultados del estudio en la Red de Kumamoto, listado de menor a mayor índice de probabilidad de fallo de todos los sistemas reconfigurados posibles a partir del sistema inicial de la figura 5.

V. CASO DE ESTUDIO: RED DE KUMAMOTO

El sistema eléctrico de distribución que se usa como caso de estudio es la Red de Kumamoto [7], se trata de un sistema de 15 nudos (un nudo slack y 14 nudos PQ), la tensión base es de 6.6 kV y la potencia base es de 10MVA. En la figura 5 se observa esta red. La red inicialmente radial no contemplaba la generación distribuida señalada en amarillo y además tampoco estaba compuesta por las ramas señaladas en rojo. Estos dos nuevos componentes se han añadido para hacer este trabajo.

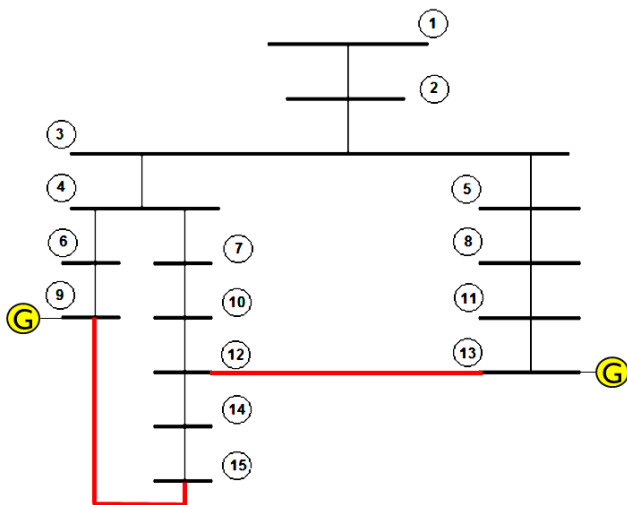


Fig.5. Reconfiguraciones realizadas al sistema propuesto en la figura 1.

En la Tabla I se observan los datos referentes a los nudos de demanda, y en las Tablas II y III queda recogido los datos de las líneas que componen el sistema, todas las tablas de datos se encuentran en el apéndice. Además es necesario destacar que sus datos son deterministas, es decir, no contemplan incertidumbres tal y como se quiere para este trabajom. Debido a esto, en la demanda se siguen teniendo como media las potencias de la red de Kumamoto inicial y como desviación se ha introducido un porcentaje de esta. Los generadores introducidos en el sistema son fotovoltaicos simulandose un 15 de enero a las 12 am, con una area de 400 m<sup>2</sup> y 800 m<sup>2</sup> en los nudos 9 y 13, respectivamente. Esto es

importante tenerlo en cuenta pues la irradiancia, nubosidad e inclinación de la tierra con respecto al sol entre otros muchos parámetros serán diferentes.

Tal y como se ha dicho, inicialmente el sistema se encuentra sin las líneas alternativas, estas se añaden y mediante el análisis grafológico se generan 64 sistemas radiales. Todos ellos se calculan mediante el flujo de cargas probabilista presentado y se calcula para cada sistema el índice de probabilidad de fallo. Una vez finalizado se obtiene un listado de los sistemas ordenados de menor a mayor índice de probabilidad de fallo.

En la figura 4 se observa el listado como resultado del trabajo con los sistemas mas significativos y distintos de los demás, esto es, se muestran los sistemas de menor y mayor índice de probabilidad de fallo. El sistema óptimo en cuanto a este índice es el sistema reconfigurado N.º 35 (figura 6) ya que su probabilidad de fallo es del 0.000008 en tanto por uno. En contraposición está el sistema reconfigurado N.º 3 que obtiene un índice de fallo del 0.247 en tanto por uno, es decir, la probabilidad de que falle este sistema es de un 24.7%.

La red de Kumamoto inicial es el sistema N.º 1 con una probabilidad de fallo de un 9.08%, si no hubiese podido adoptar otra reconfiguración tal como la N.º 35, el operador del sistema tendría que lidiar obligatoriamente con esta probabilidad de fallo.

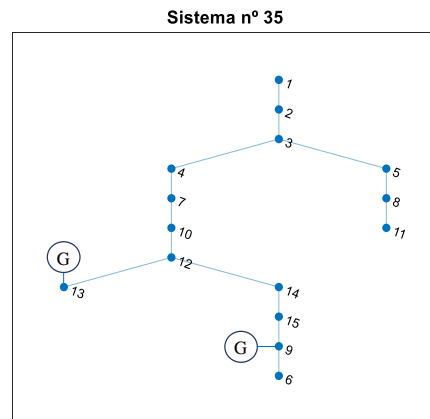


Fig.6. Sistema reconfigurado N.º 35

Hay que destacar que, optimizando este índice, se optimiza indirectamente las pérdidas de potencia tanto activa

como reactiva, es decir, las pérdidas son menores en el sistema con menor índice de probabilidad de fallo. Esto se puede ver en la figura 4, columnas 3 y 5, para las diferentes medias. Además, si se observan las varianzas, los resultados para las pérdidas de potencias obtenidas se encuentran más acotados cuando el índice de probabilidad de fallo se optimiza. Al igual ocurre con el perfil de tensiones del sistema optimizado, mejora notablemente con respecto al inicial.

## VI. CONCLUSIONES

En este estudio se ha abordado de manera integral el análisis y optimización de los índices de fiabilidad en los sistemas eléctricos de distribución mediante el uso de técnicas probabilísticas y reconfiguraciones en la topología del sistema. El uso del método de Montecarlo en el análisis probabilista del flujo de carga ha sido la forma de asegurar una estimación precisa de los resultados que se obtienen. Además, el cálculo de todas las posibles reconfiguraciones con el análisis grafológico propuesto garantiza que todos los sistemas posibles se han contemplado.

A través de la implementación de este trabajo en una red real como lo es la Red de Kumamoto, se ha comprobado la importancia de realizar reconfiguraciones para, además de mejorar el índice de probabilidad de fallo global, mejorar el perfil de tensiones de la red y disminuir las pérdidas de potencia en las líneas. Esto se traduce en un aumento de la eficiencia de los dispositivos conectados a la red y en un aumento del ahorro energético.

Tabla I  
DATOS NUDOS RED KUMAMOTO

Nudo	Pd (p.u.)	Qd (p.u.)	Desv. Típica (% media)
1	0	0	0
2	0.0208	0.0021	90
3	0.0495	0.0051	70
4	0.0958	0.0098	70
5	0.0132	0.0014	70
6	0.0442	0.0045	70
7	0.0638	0.0066	70
8	0.0029	0.0003	70
9	0.0113	0.0012	70
10	0.0323	0.0033	70
11	0.0161	0.0016	70
12	0.0213	0.0022	70
13	0.0139	0.0014	70
14	0.0808	0.0029	90
15	0.217	0.022	70

## APÉNDICE

Los datos de la red de Kumamoto adaptados al enfoque probabilista son los siguientes.

Tabla II  
DATOS LÍNEAS RED KUMAMOTO

Nudo inicio	Nudo final	R(p.u.)	X(p.u.)	Limite Transmisión (pu)
1	2	0.003145	0.075207	0.704616
2	3	0.00033	0.001849	0.674718
3	4	0.006667	0.030808	5.169
3	5	0.027502	0.127043	0.46524
4	6	0.005785	0.014949	0.279085
4	7	0.008001	0.036961	3.61943
5	8	0.031497	0.081405	0.3315
6	9	0.014141	0.036547	0.1704885
7	10	0.008999	0.041575	2.96081
8	11	0.039653	0.102984	0.452994
10	12	0.007	0.032346	2.62318
11	13	0.01607	0.004153	0.13973
12	14	0.003666	0.01694	2.4012
14	15	0.008999	0.041575	2.18789
9	15	0.04	0.135	0.296081
12	13	0.04	0.135	0.296081

Tabla III  
CONTINUACIÓN DATOS LÍNEAS RED KUMAMOTO

Nudo inicio	Nudo final	$\lambda$	$\mu$	Nudo inicio	Nudo final	$\lambda$	$\mu$
1	2	1	50	6	9	2	9
2	3	4	21	7	10	1	20
3	4	7	5	8	11	0.3	5
3	5	0.6	13	10	12	1	16
4	6	5	29	11	13	2	50
4	7	1	33	12	14	2	38
5	8	0.2	42	14	15	2	32
9	15	0.5	3	12	13	0.1	5

## REFERENCIAS

- [1] D. E. Abdolmaleki, S. F. Abdolmaleki, y P. M. B. Bugallo, «Evaluating Renewable Energy and Ranking 17 Autonomous Communities in Spain: A TOPSIS Method», *SUSTAINABILITY*, vol. 15, n.º 16, p. 12259, ago. 2023, doi: 10.3390/su151612259.
- [2] J.-H. Teng, «A direct approach for distribution system load flow solutions», *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 18, n.º 3, pp. 882-887, jul. 2003, doi: 10.1109/TPWRD.2003.813818.
- [3] D. Shirmohammadi, H. W. Hong, A. Semlyen, y G. X. Luo, «A compensation-based power flow method for weakly meshed distribution and transmission networks», *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 3, n.º 2, pp. 753-762, may 1988, doi: 10.1109/59.192932.
- [4] J.-H. Teng, «Modelling distributed generations in three-phase distribution load flow», *IET Gener. Transm. Amp Distrib.*, vol. 2, n.º 3, pp. 330-340, may 2008, doi: 10.1049/iet-gtd:20070165.
- [5] S. Conti y S. Raiti, «Probabilistic load flow using Monte Carlo techniques for distribution networks with photovoltaic generators», *Sol. Energy*, vol. 81, n.º 12, pp. 1473-1481, dic. 2007, doi: 10.1016/j.solener.2007.02.007.
- [6] M. Ghiasi, N. Ghadimi, y E. Ahmadiania, «An analytical methodology for reliability assessment and failure analysis in distributed power system», *SN Appl. Sci.*, vol. 1, n.º 1, p. 44, ene. 2019, doi: 10.1007/s42452-018-0049-0.
- [7] S. Li, K. Tomsovic, y T. Hiyama, «Load following functions using distributed energy resources», en *2000 Power Engineering Society Summer Meeting (Cat. No.00CH37134)*, Seattle, WA, USA: IEEE, 2000, pp. 1756-1761. doi: 10.1109/PESS.2000.868791.

# Funciones de probabilidad de precipitaciones en el diagnóstico de la colmatación de embalses: Gumbel tipo I versus Log-Pearson III.

Raúl Montes Pajuelo, Ángel Mariano Rodríguez Pérez, César Antonio Rodríguez González.  
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
 Universidad de Huelva  
 Campus de «El Carmen», Avda. de las Fuerzas Armadas, s/n. 21007 Huelva (España)  
 raul.montes@dci.uhu.es, arp517@ual.es, cesar@uhu.es

## I. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo, que está basado en un artículo de la revista LAND [1], nos centraremos en tres funciones de distribución de probabilidad diferentes para el modelado de precipitaciones extremas asociadas a un periodo de retorno  $T$ :

- Gumbel tipo I con tamaño muestral pequeño (en adelante GBS).
- Gumbel tipo I con tamaño muestral grande (en adelante GBL).
- Log-Pearson III (en adelante LP3).

El objetivo consiste en comparar el modelado que proporcionan estas tres funciones de distribución a nivel de (a) caudales líquidos y (b) emisión de sedimentos, para así, decidir cuál es preferible en cada caso [2-5].

## II. FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE PRECIPITACIONES EXTREMAS

Empezaremos con un breve estudio de las funciones de distribución de probabilidad de GBS, GBL y LP3 [6].

- GBS:

La función de distribución de GBS es

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad (1)$$

donde  $\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de escala y posición respectivamente, los cuales se pueden calcular en función de la muestra. *GBL*:

La función de distribución, en este caso, es la misma que para GBS (Ec. 1). Para muestras suficientemente grandes, se puede hacer la siguiente simplificación [7,8]:

$$\alpha = \frac{\pi}{\sqrt{6}S_x} \approx \frac{1,28254}{S_x} \quad (2)$$

$$\beta = \bar{x} - \frac{\gamma}{\alpha} \approx \bar{x} - \frac{0,57721}{\alpha} \quad (3)$$

donde  $S_x$  y  $\bar{x}$  son la desviación típica y media muestrales respectivamente y,  $\gamma \approx 0,57721$  es la constante de Euler-Mascheroni [9].

- LP3:

La función de distribución de LP3 se obtiene mediante la función de distribución de una variable dependiente [10]. La función y la variable son las siguientes:

$$G(y) = \int_0^y \frac{y^{\gamma_{(LP3)}-1} e^{-y}}{\Gamma_{(\gamma_{(LP3)})}} dy \quad (4)$$

$$y = \frac{\ln(x) - X_0}{\beta_{(LP3)}} \quad (5)$$

donde  $\gamma_{(LP3)}$ ,  $\beta_{(LP3)}$  y  $X_0$  son parámetros que se pueden calcular en función de la muestra y  $\Gamma$  es la función gamma.

## III. MODELO DE COMBINACIÓN PROBABILÍSTICA

Para estimar la emisión interanual de sedimentos  $Y_T$  (Mg), se utiliza el siguiente modelo, en el cual, se adopta una serie de valores para una serie de periodos de retorno  $T$ :

$$Y_T = \sum_{i=m}^{n-1} \left( \frac{1}{2} (Y_{T_i} + Y_{T_{i+1}}) \left( \frac{1}{T_i} - \frac{1}{T_{i+1}} \right) \right) \quad (6)$$

donde  $Y_{T_i}$  es la emisión de sedimentos para una tormenta de diseño de periodo de retorno  $T_i$  para toda la cuenca (Mg) y  $m$  y  $n$  son los valores primero y último de la serie  $T$  adoptada. Se empleó para los diferentes  $T$ , una serie con los valores 2, 5, 10, 15, 25, 50, 75, 100, 140 y 200 años.

## IV. EL MODELO MUSLE Y AREA DE ESTUDIO

El valor de cada  $Y_{T_i}$  se obtiene aplicando el modelo MUSLE [11,12] en cada subcuenca. La definición del modelo es la siguiente:

$$Y = 11.8(Qq_p)^{0.56} K(LS)CP \quad (7)$$

donde  $Y$  es la emisión de sedimentos para cada subcuenca, referido a un único evento de precipitación (Mg),  $Q$  el

volumen de escorrentía ( $m^3$ ),  $q_p$  la descarga de flujo máximo o caudal pico ( $m^3 \cdot s^{-1}$ ) y  $K$ ,  $LS$ ,  $C$  y  $P$  son los factores del modelo MUSLE dependientes de la erosionabilidad del suelo, longitud y pendiente de ladera, tipo cultivo/vegetación y prácticas de cultivo respectivamente.

La cuenca de estudio es la del Alto Palmones que vierte al embalse de Charco Redondo. Se ha realizado una división en 7 subcuencas, para las cuales se han calculado los factores MUSLE:  $K$ ,  $LS$ ,  $C$  y  $P$ .

## V. CONJUNTO DE DATOS PLUVIOMÉTRICOS

Se han seleccionado una serie de valores de precipitación máxima anual de 24h de la estación meteorológica de Castellar de la Frontera. En la tabla I se muestra un resumen estadístico del conjunto de datos.

Tabla I

VARIABLES ESTADÍSTICAS DEL CONJUNTO DE DATOS DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES DE 24H

Sample Size $n$	Mean (mm)	Standard Deviation (mm)	Covariance	Skewness Coefficient
50	98.62	45.15	0.46	0.24

## VI. VOLUMEN DE ESCORRENTÍA Y DESCARGA DE FLUJO MÁXIMO

Para realizar los cálculos hidrometeorológicos, es necesario estimar el tiempo de concentración, el tiempo de retardo de la cuenca y el número de curva para cada subcuenca. A partir de ellos, se obtienen, para cada subcuenca, el volumen de escorrentía ( $Q$ ) y la descarga de flujo máximo ( $q_p$ ). La fig. 1 muestra las precipitaciones máximas en 24 h para diferentes  $T$  para la estación meteorológica de Castellar de la Frontera.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar la bondad de ajuste para las 3 funciones analizadas, se utiliza la prueba de Kolmogorov-Smirnov (con el criterio de Lilliefors) [13-15]. Se prueba que la bondad de ajuste es aceptable para las 3 funciones.

Las distribuciones presentan pequeñas diferencias como puede observarse en la fig. 2, adoptando la función de Weibull [16] como distribución empírica.

Para estimar la emisión de sedimentos para cada periodo de retorno, se realiza por separado para cada función de distribución.

Las 3 funciones de distribución y las series de  $T=2, 5, 10, 15, 25, 50, 75, 100, 140$  y  $200$  producen 30 hietogramas de diseño [17].

La fig. 3, muestra, a modo de ejemplo, la selección de 4

valores de  $T$  diferentes.

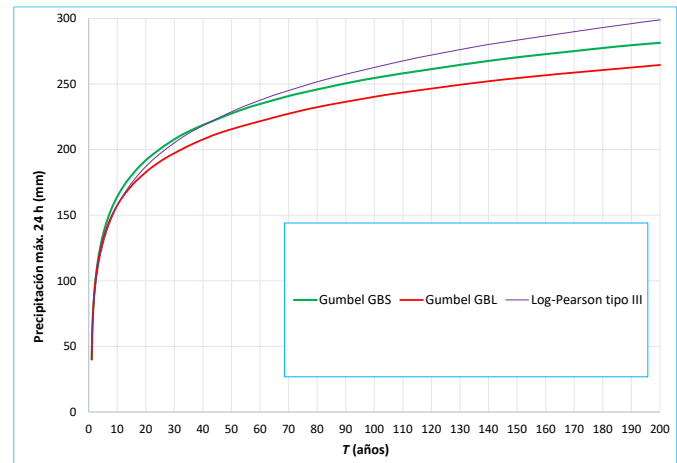


Fig. 1. Precipitaciones máximas en 24h. para diferentes  $T$ .

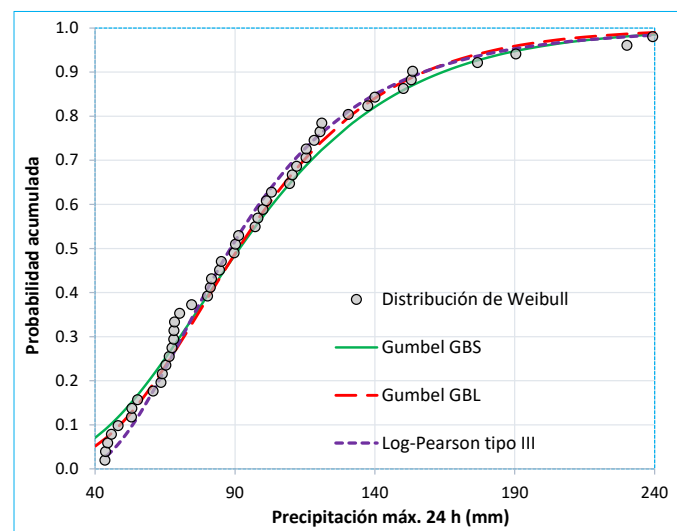


Fig. 2. Comparación entre distribuciones.

Para  $T < 50$ , los hietogramas para GBS presentan valores más elevados, mientras que para  $T > 50$ , la hegemonía de los hietogramas corresponde a LP3.

La emisión de sedimentos está acoplada a la descarga de caudal (no linealmente), por lo que esta emisión es superior para  $T > 50$ . Así pues, es preferible el cálculo, en este caso, utilizando la función LP3. Sin embargo, la producción media anual de sedimentos de la cuenca calculada según LP3 no es la mayor para las 3 funciones.

Para el cálculo de la emisión media anual de sedimentos, se requieren gráficos de sedimentos para las series de  $T$  usadas en el estudio. La fig. 4 muestra los gráficos de sedimentos [18] según las 3 funciones de distribución y un valor de  $T$  seleccionado. Para calcular la cantidad de sedimentos emitidos, se integra la curva del gráfico que corresponde a cada periodo de retorno  $T_i$ .

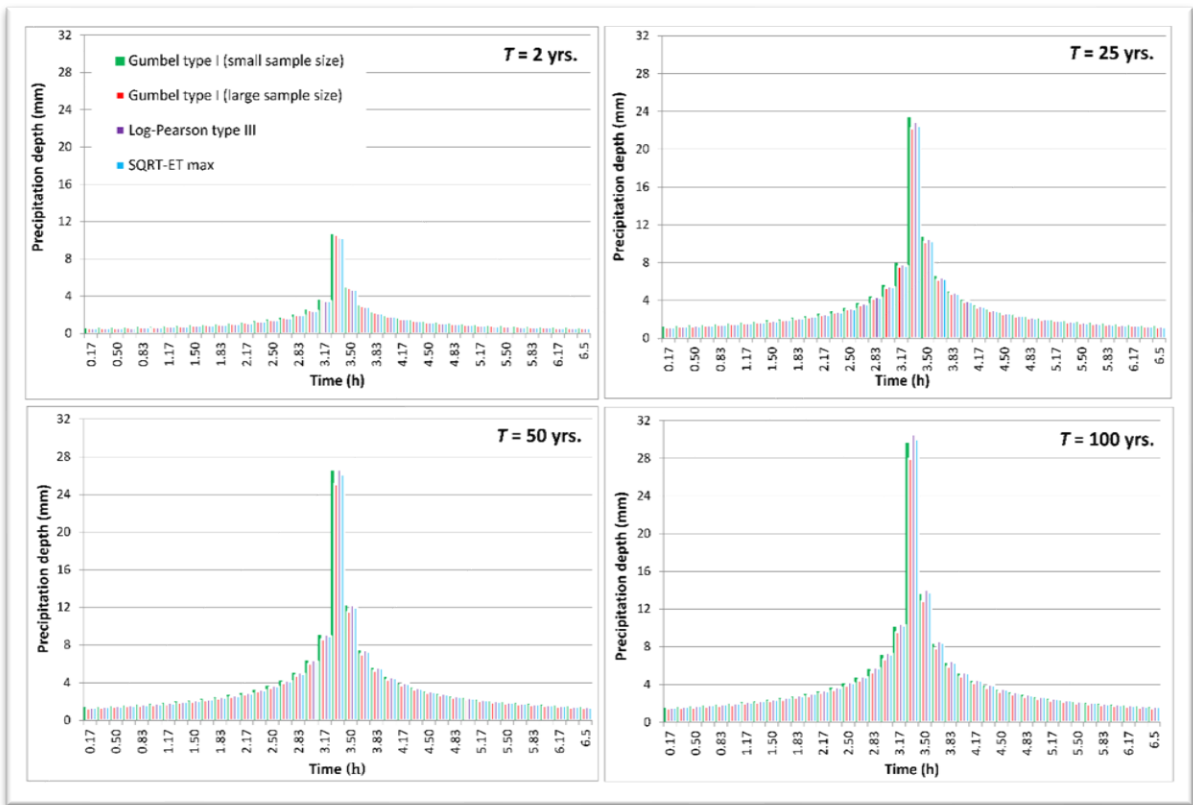


Fig. 3. Hietogramas de diseño para T=2, 25, 50 y 100 años.

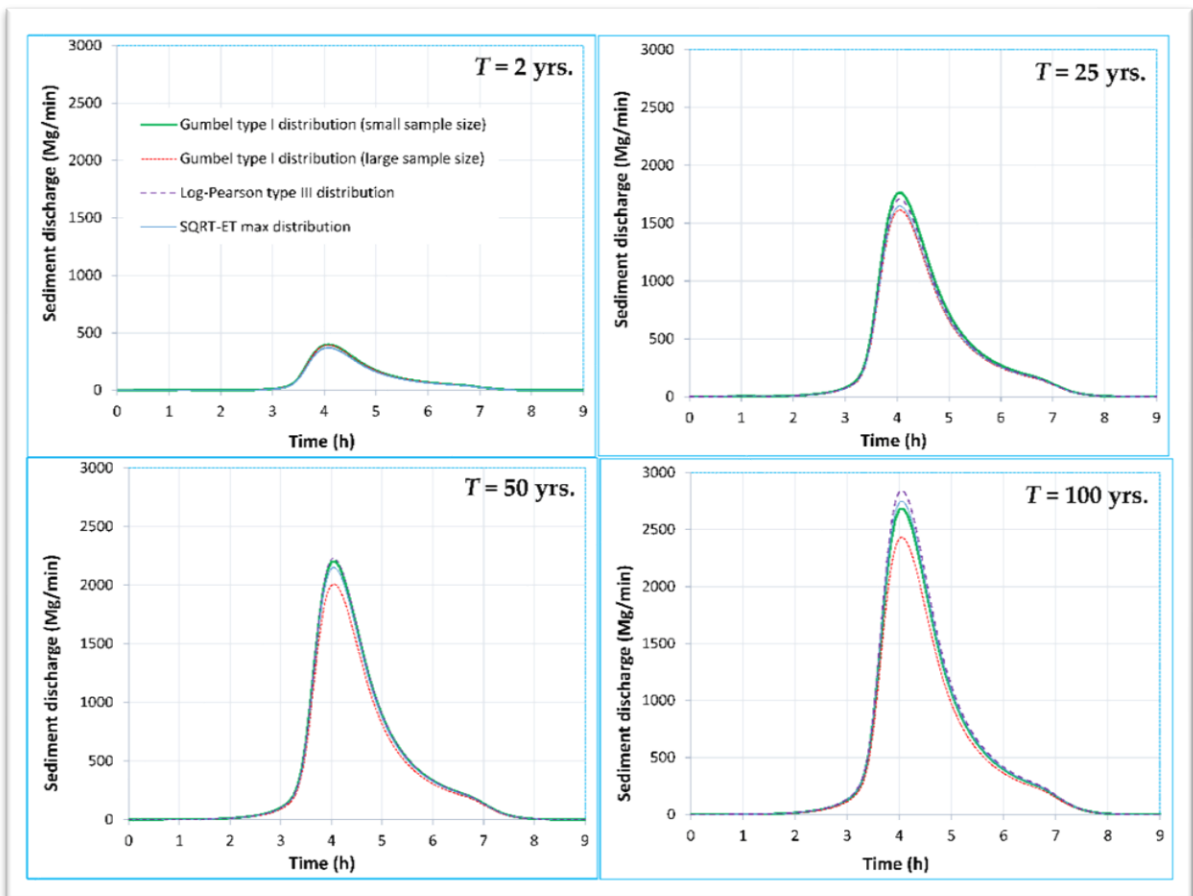


Fig. 4. Gráfica de sedimentos totales para la cuenca de estudio, T = 2, 25, 50 y 100 años.

La producción media anual de sedimentos está ligada a T por la escorrentía generada por las tormentas de diseño, pero también por la probabilidad de ocurrencia asociada a estas tormentas de diseño. Esto afecta a la relación entre la emisión de sedimentos y el periodo de retorno, que será no lineal. La fig. 5, muestra los valores de emisión de sedimentos para las 3 funciones de distribución en función del periodo de retorno.

La producción media anual total de sedimentos se calcula aplicando la ecuación del modelo de combinación probabilística vista anteriormente (Ec. 6). La tabla II muestra la aplicación de esta ecuación para las 3 funciones de distribución consideradas.

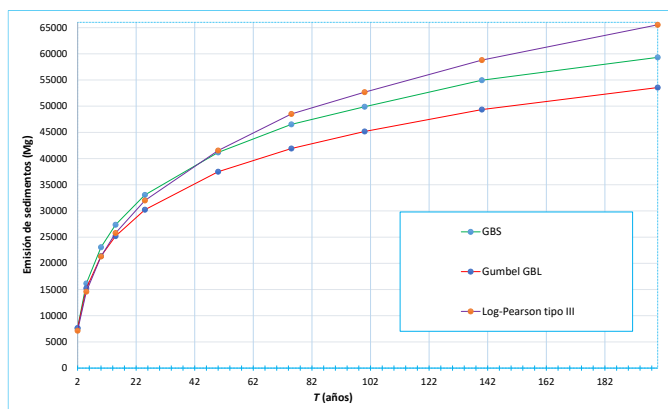


Fig. 5. Emisión de sedimentos de la cuenca frente al periodo de retorno.

Tabla II  
ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN MEDIA ANUAL DE SEDIMENTOS Y ANÁLISIS COMPARATIVO

Interval (Years)	Probability of Occurrence <sup>a</sup>	Average Yield <sup>b</sup> (Mg)			Sediment Yield Per Interval <sup>c</sup> (Mg·y <sup>-1</sup> )		
		GBS	GBL	LP3	GBS	GBL	LP3
2-5	0.300	35,707	34,208	32,584	10,712	10,262	9775
5-10	0.100	58,835	54,911	53,844	5884	5491	5384
10-15	0.033	75,658	69,869	70,608	2522	2329	2354
15-25	0.027	90,637	83,158	86,639	2417	2218	2310
25-50	0.020	111,345	101,598	110,285	2227	2032	2206
50-75	0.007	131,540	119,114	135,093	877	794	901
75-100	0.003	144,622	130,639	151,789	482	435	506
100-140	0.003	157,266	141,779	167,217	449	405	478
140-200	0.002	171,394	154,354	186,507	367	331	400
Total sum of mean annual sediment yield (Mg)					25,937	24,297	24,313

<sup>a</sup> Calculated as  $(\frac{1}{T_i} - \frac{1}{T_{i+1}})$ ; <sup>b</sup> Calculated as  $\frac{1}{2}(Y_{T_i} + Y_{T_{i+1}})$ ; <sup>c</sup> Calculated as  $(\frac{1}{T_i} - \frac{1}{T_{i+1}}) \cdot \frac{1}{2}(Y_{T_i} + Y_{T_{i+1}})$ .

En el caso de cuencas no aforadas y para aplicaciones prácticas (diseño, operación o mantenimiento de estructuras), suele ser preferible la función más segura o conservadora (que proporciona valores más altos). En este sentido, con respecto a la tabla II, la función de datos GBS proporciona el valor de emisión interanual de sedimentos más alto (25937 Mg), seguida de LP3 (24313 Mg), mientras que GBL proporciona el valor más bajo (24297 Mg).

VIII. CONCLUSIONES

En base al caso de estudio, establecemos que: para caudales líquidos con altos periodos de retorno T es preferible la función LP3, seguida de GBS. Y para emisión de sedimentos, si son resultados puntuales, al estar correlacionados con caudales líquidos, para avenidas concretas asociadas a un T, seguirá siendo preferible LP3, seguida de GBS. Pero, para emisión interanual, GBS es preferible. GBL debe descartarse para el diagnóstico de colmatación de un embalse.

AGRADECIMIENTOS

A Ángel Mariano Rodríguez Pérez y César Antonio Rodríguez González, este trabajo ha sido posible por ellos.

REFERENCIAS

- [1] Rodríguez González, C.A.; Rodríguez-Pérez, Á.M.; López, R.; Hernández-Torres, J.A.; Caparrós-Mancera, J.J. Sensitivity Analysis in Mean Annual Sediment Yield Modeling with Respect to Rainfall Probability Distribution Functions. *Land* 2023, 12, 35.
- [2] Djoukbala, O.; Hasbaia, M.; Benselama, O.; Mazour, M. Comparison of the erosion prediction models from USLE, MUSLE and RUSLE in a Mediterranean watershed, case of Wadi Gazouana (NW of Algeria). *Model. Earth Syst. Environ.* 2019, 5, 725–743.
- [3] Rodríguez, A.; García, J.L.; Robredo, J.C.; López, D. Specific sediment yield model for reservoirs with medium-sized basins in Spain: An empirical and statistical approach. *Sci. Total Environ.* 2019, 681, 82–101.
- [4] García, C.; Robredo, J.C. Metodología para la evaluación de la emisión interanual de sedimentos por una cuenca vertiente. *Rev. Montes* 1996, 45, 22–24.
- [5] Rodríguez, C.A.; Rodríguez-Pérez, Á.M.; Mancera, J.; Torres, J.; Carmona, N.; Bahamonde García, M. Applied methodology based on HEC-HMS for reservoir filling estimation due to soil erosion. *J. Hydrol. Hydromech.* 2022, 70, 341–356.
- [6] Haan, C.T. *Statistical Methods in Hydrology*, 2nd ed.; Iowa State University Press: Ames, IA, USA, 2002.
- [7] Gumbel, E.J. The return period of flood flows. *Ann. Math. Stat.* 1941, 12, 163–190.
- [8] Gumbel, E.J. Les valeurs extrêmes des distributions statistiques. *Annales de l'institut Henri Poincaré* 1935, 5, 115–158.
- [9] Wanielista, M.; Robert, K.; Ron, E. *Hydrology: Water Quantity and Quality Control*; John Wiley and Sons: Hoboken, NJ, USA, 1997.
- [10] Pearson, K. Contributions to the mathematical theory of evolution. *Philos. Trans. R. Soc.* 1894, 185, 71–110.
- [11] Berteni, F.; Dada, A.; Grossi, G. Application of the MUSLE model and potential effects of climate change in a small alpine catchment in northern Italy. *Water* 2021, 13, 2679.
- [12] Odongo, V.O.; Onyando, J.O.; Mutua, B.M.; Becht, R. Sensitivity analysis and calibration of the Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) for the upper Malewa catchment, Kenya. *Int. J. Sediment Res.* 2013, 28, 368–383.
- [13] Molin, P.; Abdi, H. New Table and Numerical Approximations for Kolmogorov-Smirnov/Lilliefors/van Soest Normality Test; University of Bourgogne: Dijon, France, 1998
- [14] Lilliefors, H.W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality

- with mean and variance unknown. *JASA* 1967, 62, 399–402.
- [15] Razali, N.M.; Wah, Y.B. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *JOSMA* 2011, 2, 21–33.
- [16] Lai, C.-D.; Murthy, D.N.; Xie, M. Weibull distributions and their applications. In *Springer Handbooks*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2006; pp. 63–78.
- [17] Chow, V.T.; Maidment, D.R.; Mays, L.W. *Applied Hydrology*; McGraw-Hill: New York, NY, USA, 1988.
- [18] Pak, J.H.; Ramos, K.; Fleming, M.; Scharffenberg, W.; Gibson, S. Sensitivity Analysis for Sediment Transport in the Hydrologic Modeling System. *Proc., Joint Federal Interagency Conf.* 2015.

# Aplicación de la inteligencia artificial para la predicción y el control en las instalaciones del ciclo integral del agua

## Técnicas para la detección de anomalías

Ángel Felipe Pulido<sup>1</sup>, Celia Parralejo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tco. Medio Gestión Medioambiental

<sup>2</sup>Tco. Medio Investigación

<sup>1</sup> Promedio, Consorcio de Gestión de Servicios Medioambientales de la Diputación de Badajoz

Dirección Av/ Pardaleras nº 64; 06003-Badajoz

apulido@dip-badajoz.es, cparralejo@dip-badajoz.es

**Resumen-** El auge de nuevas tecnologías de la inteligencia artificial en los últimos años ha propiciado el aumento de librerías y sistemas de gestión de datos más eficientes. Este estudio ha tratado de implementar herramientas en la gestión de la información procedente de los equipos del ciclo integral del agua. Se han usado principalmente técnicas para la predicción de series temporales y el almacenamiento eficaz de los datos. Estos métodos proporcionarán una herramienta esencial para la monitorización continuada de las instalaciones de Promedio

**Palabras Clave-** Ciclo integral del agua, inteligencia artificial, bases de datos, machine learning, series temporales.

### I. INTRODUCCION

Promedio es un Consorcio dedicado a la gestión de los Servicios Medioambientales de la Diputación de Badajoz, cuya finalidad es conseguir una gestión supramunicipal del ciclo del agua y los residuos en la provincia de Badajoz, para lo cual se implanta la economía de escala, en vistas a garantizar los servicios en todas las poblaciones adscritas, independientemente del tamaño de su población.

En este sentido, Promedio detectó que la sostenibilidad de los servicios de distribución de agua potable y depuración de aguas residuales, requerían de la implementación de nuevas tecnologías para asegurar su eficiencia a lo largo del tiempo. Para llegar al propósito de poder realizar una buena gestión de los servicios y un proceso industrial óptimo, era preciso la obtención de información en las propias instalaciones y tratar la misma de manera eficaz. Gracias a proyectos de la Diputación de Badajoz como el “Smart Energía”, que ha implantado 53 plantas solares en las instalaciones del Ciclo Integral del Agua o el proyecto “Badajoz es más”, que proporciona una plataforma de desarrollo y visualización de paneles de mando, han permitido a Promedio obtener información organizada de las instalaciones para su seguimiento y control.

Este estudio planteó, una vez que ya estaba disponible la información de las instalaciones, llevar a cabo el gran reto de poder analizar mediante consultas rápidas las posibles anomalías y realizar predicciones mediante técnicas de estadística, big data e inteligencia artificial a la información recopilada.

La inteligencia artificial se define como la creación de programas o mecanismos que hagan tareas que requieren inteligencia cuando son realizadas por personas [1]. Además se engloban otras técnicas, como el aprendizaje automático, machine learning o estadística aplicada, dividido en tecnologías de aprendizaje supervisado y no supervisado, dependiendo de las necesidades establecidas.

Este estudio se desarrolló por fases, siempre con la premisa de intentar usar librerías y herramientas de código abierto que pudieran ser reutilizadas. En primer lugar, se desarrollaron los programas para la conexión a equipos industriales de control de proceso e inversores fotovoltaicos para la obtención de información de energía consumida y generada mediante protocolos abiertos. Seguidamente, se investigó en el uso de distintos tipos de gestión de la información mediante bases de datos lo más eficaces posibles, valorando distintos tipos de base de datos incluyendo clúster, técnicas de sharding, además de herramientas de gestión de gran volumen de datos o big data de la Apache Software Foundation. Finalmente, se estudiaron distintas técnicas de inteligencia artificial, implementando librerías para el pronóstico de series temporales convencionales, redes neuronales e interpolación lineal para predecir variables y detectar anomalías.

Los resultados de este trabajo han puesto de manifiesto que es posible el control, tanto de la generación como del consumo energético, así como de otras variables como los caudales de distribución de agua mediante el pronóstico de su información a lo largo del tiempo, sin precisar un gran número de datos o tiempo y con capacidad de retroalimentación. Además, se han llegado a obtener rankings de velocidad de consultas de distintos sistemas de almacenamiento de datos óptimos para el control de los procesos industriales.

### II. MATERIAL Y METODOS

#### A. Estructura de servidores

Para elaborar este estudio se ha utilizado el sistema de servidores de desarrollo del Consorcio Promedio el cual está compuesto por dos servidores con 67 Ghz de CPU 32 CPUs con 2,10 GHz de velocidad de procesador, 190 GB de memoria RAM y 3,27 TB de almacenamiento. Estos

servidores disponen de sistemas de virtualización que generan máquinas virtuales donde se alojan las distintas bases de datos, programas de tratamiento de información y predicción de variables. Estas máquinas virtualizadas para las PostgreSQL, PostgreSQL en clúster, Apache Superset y Apache Drill se han distribuido con una configuración mínima de 32 GBs de RAM y 8 CPUs virtuales para cada máquina, salvo el caso del clúster que han sido configuradas con cinco máquinas de 16 GBs de RAM y 8 CPUs virtuales. La red existente es interna conectada a las distintas instalaciones mediante VLAN sectorizada y en algunos casos comunicaciones realizadas mediante APNs privadas suministrado por comunicaciones móviles.

**B. Conexión a los equipos**

La conexión a los equipos para la medición de los consumos y el almacenamiento de variables se realizó mediante software programado con lenguaje python versión 3.10.12 que conectaba a estos equipos mediante protocolo Modbus TCP. Modbus es un protocolo de comunicación abierto, utilizado para transmitir información a través de redes en serie entre dispositivos electrónicos. El dispositivo que solicita la información se llama maestro Modbus y los dispositivos que suministran la información son los esclavos Modbus. Normalmente utiliza el puerto 502 para establecer su comunicación. La conexión se realizó mediante la librería PyModbus[2] en configuración de lectura a esclavos.

**C. Almacenamiento y consulta de la información**

Para el almacenamiento, Promedio contaba con bases de datos como SQL o MySQL para llevar su gestión. El aumento de equipos a controlar implicaba más cantidad de datos, lo que suponía una ralentización de las consultas. Por tanto, para evitar esto se empezaron a buscar las siguientes alternativas.

La primera alternativa que se estudió fue PostgreSQL. Es un sistema de bases de datos de código abierto que destaca por su capacidad de adaptación y su cumplimiento con el estándar SQL, además de que puede gestionar grandes volúmenes de datos, [3].

Su instalación es ilimitada y gratuita. Esto hace de PostgreSQL un sistema multiplataforma y también hace que sea más rentable con instalaciones a gran escala. Aunque debemos tener en cuenta que es relativamente lento en inserciones y actualizaciones en bases de datos pequeñas, PostgreSQL está diseñado para ambientes de alto volumen.

PostgreSQL se empezó a utilizar para recoger la información procedente de las plantas fotovoltaicas y mejorar así el almacenamiento y rendimiento, puesto que, los datos se recogían minutalmente. En ella se guarda información como potencia, energía, voltajes o intensidades de los diferentes equipos fotovoltaicos.

Otra alternativa a estudiar fue Apache Drill. Esta es una herramienta de código abierto permite la exploración de datos en una variedad de fuentes, incluyendo bases de datos NoSQL, sistemas de archivos distribuidos y bases de datos relacionales. Ofrece una forma flexible de explorar y analizar datos, ya que no requiere un esquema fijo. Apache Drill tiene numerosas aplicaciones, generalmente asociadas a la analítica de datos de diversas fuentes con un volumen elevado de datos [4]. También destaca su alto rendimiento y baja latencia en ejecución de consultas y que no es necesario

definir y mantener las tablas, vistas o relaciones entre datos. Además, tiene acceso simultáneo a múltiples fuentes de datos, que pueden combinarse en una misma consulta.

Por último, se decidió probar con la extensión Citus hasta comprobar que era la más adecuada para los objetivos que queríamos llevar a cabo. Citus es una extensión de PostgreSQL que distribuye inteligentemente su base de datos y sus consultas en múltiples nodos, convirtiéndose en una base de datos distribuida. Independientemente de cómo realice sus consultas y de cómo estén organizados sus datos, Citus escala su rendimiento por consulta, no solo la cantidad de consultas que puede ejecutar. Es decir, escala horizontalmente PostgreSQL en varias máquinas fragmentando y creando copias de tablas [5].

Por tanto, entre sus ventajas para aplicaciones en tiempo real destacamos que ofrece respuestas rápidas a las consultas del cuadro de mandos, mantiene el rendimiento con una alta concurrencia y paraleliza las consultas SQL.

**D. Visualización de la información**

Una vez recopilados todos los datos se llevó a cabo su auditoría y visualización para que el personal adscrito al Consorcio pudiera extraer conclusiones y gestionar las instalaciones de la manera más eficiente posible.

La herramienta elegida fue Apache Superset es una aplicación nativa de la nube de software de código abierto para la exploración y visualización de datos, capaz de manejarlos a escala de petabytes. Superset ofrece un gran abanico de visualizaciones de datos, un modelo de seguridad y permisos extensible que permite reglas sobre quién puede acceder a los datos. Esta herramienta dispone de recursos para facilitar la conexión con diferentes fuentes de datos, como BigQuery o Druid. Incluye un entorno de consultas que permite interactuar con SQL sobre diferentes fuentes de datos con el fin de facilitar la exploración de los datos previo a la representación gráfica. Además, proporcionar la posibilidad de realizar exploración gráfica sin escribir código [6].

Se decidió hacer diferentes ‘Dashboards’ para tener toda la información lo más organizada y detallada posible, como puede verse en la figura 1.

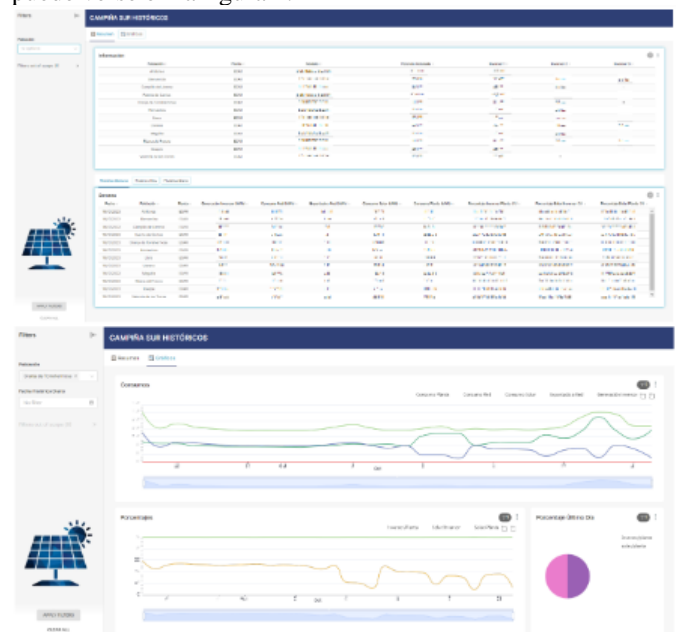


Figura 1. Histórico de una zona de instalaciones

### E. Predicción de series temporales

El primer modelo que se estudió para la predicción de series temporales utilizó la regresión lineal, las máquinas de vectores de soporte (SVM), árboles de decisión y hasta los métodos bayesianos. La regresión lineal es un modelo matemático usado para aproximar la relación de dependencia entre una variable dependiente,  $n$  variables independientes y un término aleatorio. Esta regresión lineal permite predecir el comportamiento de una variable (dependiente o predicha) a partir de otra (independiente o predictora). Las máquinas de vectores de soporte son un conjunto de algoritmos de aprendizaje supervisado. Estos métodos están propiamente relacionados con problemas de clasificación y regresión.

Dada una serie de muestras podemos etiquetar las clases y formar una SVM para construir un modelo que prediga la clase de una nueva muestra. Es decir, dado un conjunto de puntos, subconjunto de un conjunto mayor, en el que cada uno de ellos pertenece a una de las dos posibles categorías, un algoritmo basado en SVM construye un modelo capaz de predecir si un punto nuevo (cuya categoría desconocemos) pertenece a una categoría o a la otra.

Los métodos bayesianos se caracterizan por el uso de variables aleatorias o, más en general, de cantidades desconocidas, para modelar todas las fuentes de incertidumbre en los modelos estadísticos. De esta forma, se le dan una serie de datos para que entrene y a los diferentes parámetros un rango para que calcule y muestre los diferentes modelos y poder elegir así el de menor error. Por último, se lleva a cabo una predicción de los datos con los valores de los parámetros óptimos obtenidos anteriormente.

Se siguieron estudiando los diferentes modelos para poder escoger el que menor error nos dé en los datos de la predicción.

El siguiente fue el modelo ARIMA. ARIMA es la abreviatura de "AutoRegressive Integrated Moving Average" consiste en un modelo estadístico que utiliza variaciones y regresiones de datos estadísticos con el fin de encontrar patrones para una predicción hacia el futuro. Se trata de un modelo dinámico de series temporales, es decir, las estimaciones futuras vienen explicadas por los datos del pasado y no por variables independientes.

Este modelo consta de tres componentes. El elemento autorregresivo (AR) relaciona el valor actual con valores pasados. El elemento de media móvil (MA) asume que el error de predicción es una combinación lineal de los errores de predicción pasados. Por último, el componente integrado (I) indica que los valores de la serie original han sido reemplazados por la diferencia entre valores consecutivos.

El modelo SARIMAX extiende el marco de ARIMA al incorporar patrones estacionales y variables exógenas. Por último, se selecciona el mejor modelo SARIMAX y se predicen los  $n$  datos requeridos junto con su error cuadrático.

Después de ponerlo en práctica y obtener datos significativos, se siguió en la búsqueda de mejorar el error, hasta llegar hasta el siguiente modelo que resultó ser el definitivo en la predicción de datos fotovoltaicos.

El tercer modelo es FB Prophet, un modelo muy extendido para el pronóstico de series temporales. El algoritmo subyacente es una generalización de un modelo de regresión aditiva, con tres componentes principales

(tendencia, estacionalidad y días festivos), junto con regresores adicionales opcionales. La tendencia y la estacionalidad son dos componentes de series temporales muy importantes, pero difíciles de cuantificar [7].

La ventaja que encontramos es que podemos fácilmente ajustar la estacionalidad con múltiples períodos y el análisis asumirá la tendencia. A diferencia de los modelos ARIMA, no necesita estar equiespaciado y no necesitamos interpolar valores perdidos, el ajuste es muy rápido y tiene una fácil interpretación de parámetros.

Su funcionamiento consiste en una primera selección de datos para que se entrene el modelo y se genere el período de tiempo que se va a predecir. Después, se realiza la predicción y proporciona las bandas de incertidumbre.

Promedio ha realizado pruebas con distintos parámetros como la potencia de los inversores, su voltaje o el caudal de salida de diferentes instalaciones hasta poder concluir con el modelo correcto.

Dentro del estudio existía una variable que recogía el voltaje en corriente continua de los paneles que seguía una función senoidal cuadrática. Para este caso se utilizó un último modelo basado en interpolación lineal aplicado a las series temporales. Se realizó una interpolación del minuto del día a predecir basándose en los datos de los últimos siete días, aplicando un tiempo en la toma de datos menor.

## III. RESULTADOS Y DISCUSION

### A. Comparativas en la gestión de las consultas de bases de datos

Se probaron tres soluciones principales PostgreSQL convencional, PostgreSQL en clúster con el complemento CITUS y Apache Drill con las configuraciones de máquina descritas en la metodología del presente estudio.

A modo de resultados se detalla la tabla 1 que describe las consultas a una misma tabla sin filtrar el número de variables con un histórico de un mes de datos de todas las instalaciones.

Tabla 1 Velocidad de consultas 1

Consulta	Valores recogidos el último mes de todas las variables e instalaciones
Número de registros	773.767
Base de datos	Tiempo de ejecución
<i>PSQL</i>	28273,685 ms
<i>PSQL + CITUS</i>	3257,169 ms
<i>APACHE DRILL</i>	22426 ms

Seguidamente en la tabla 2 se muestra la consulta de una sola variable frente a todas las instalaciones de aproximadamente seis meses.

Tabla 2 Velocidad de consultas 2

Consulta	Valores recogidos desde una fecha determinada de unas variables concretas, en todas las instalaciones
Número de registros	270.465
Base de datos	Tiempo de ejecución

PSQL	3019,911 ms
PSQL + CITUS	997 ms
APACHE DRILL	- ms

Como puede apreciarse en la tabla 1 y 2, de las soluciones probadas Apache Drill resultó eficaz como catalogador de distintas bases de datos pero no obtuvo grandes cambios respecto a las consultas generadas a partir de una PostgreSQL convencional. El empleo de Apache Drill sí supuso una optimización en el tiempo de consultas en las plataformas utilizadas para la visualización de los datos fotovoltaicos puesto que permite unificar consultas y relaciones de distintas bases de datos.

Respecto a la base de datos formada por PostgreSQL y el complemento CITUS se puso de manifiesto que permitía una gran reducción a la hora de gestionar gran volumen de información como puede apreciarse en los tiempos, descritos en las tablas 1 y 2.

**B. Comparativas en la predicción de series temporales**

Tanto el primer como segundo modelo figuras 2 y 3 mostraron una clara tendencia en las variables de consumo con unos errores RMSE inferiores al 15. Estos resultados eran referidos a tres meses de datos.

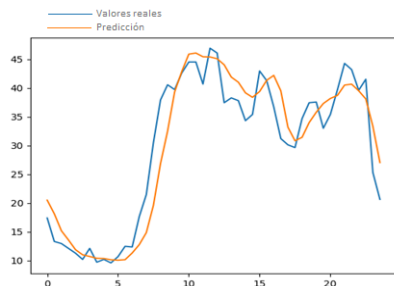


Figura 2. Primer modelo, ejemplo de predicciones de caudal de salida de un depósito de almacenamiento

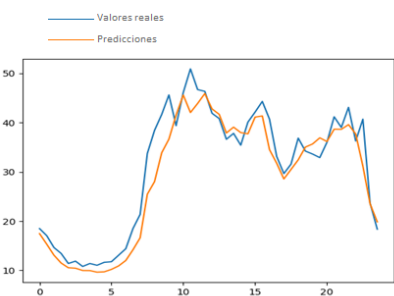


Figura 3. Segundo modelo, predicciones caudal de salida de un depósito de almacenamiento

El tercer modelo basado en librerías FB Prophets obtuvo unos resultados mejores con un histórico de un mes. Dependiendo de la variable se conseguían distintos errores en RMSE, de 1,71 en el caso de consumos de agua como en la figura 4 a errores entre 3,44 y 13,56 en el caso de potencia instantánea proveniente de inversores de placas fotovoltaicas (figuras 5 y 6).



Figura 4. Tercer modelo, predicciones caudal de salida de un depósito de almacenamiento

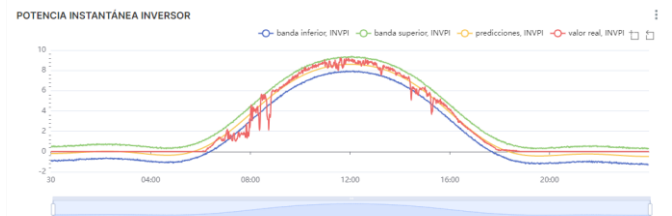


Figura 5. Tercer modelo, ejemplo de predicciones potencia instantánea de un inversor



Figura 6. Tercer modelo, ejemplo de predicciones potencia instantánea de un inversor

El cuarto modelo, de regresión lineal, fue utilizado únicamente para predecir el voltaje en continua de los inversores, con el fin de detectar anomalías en el caso de fallo de algún inversor o string de placas. En este caso se obtuvieron unos errores muy altos, de 42,2 en RMSE, pero puede apreciarse que sí seguía una tendencia clara y puede ser aplicado con el fin de detección de anomalías.

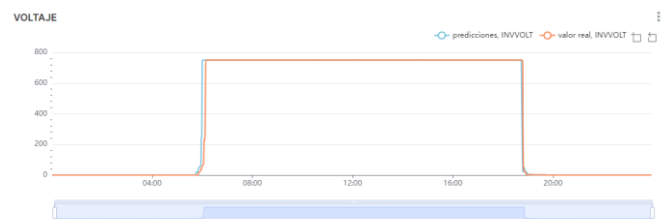


Figura 7. Cuarto modelo, predicciones del voltaje en continua de un inversor fotovoltaico.

**IV. CONCLUSIONES**

La solución híbrida basada en base de datos PostgreSQL con la extensión CITUS que ha permitido el fraccionamiento en clúster ha sido la solución más eficaz.

El aplicativo Apache Drill, aunque no ha mostrado gran diferencia frente a bases de datos convencionales basadas en PostgreSQL, sí que ha puesto de manifiesto grandes capacidades para gestionar distintas fuentes de datos, incluso con la capacidad de usar base de datos no relacionales.

Los modelos basados en FB Prophet han obtenido mejores resultados de errores, aún disminuyendo el número de datos históricos de tres meses a un mes de datos.

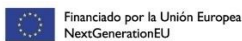
Ningún modelo estudiado, salvo el de interpolación lineal, fue efectivo para la detección de anomalías en el caso del voltaje en continua.

#### REFERENCIAS

- [1] Russell, S.; Norving, P.; ‘Artificial Intelligence: A Modern Approach,’ (2020)
- [2] Librerías pymodbus, recuperado el 13 de noviembre de 2023, <https://pymodbus.readthedocs.io/en/latest/source/readme.html>
- [3] The PostgreSQL Global Development Group ‘PostgreSQL 16.1 Documentation’
- [4] Givre, C.; Rogers, P.; ‘Learning Apache Drill, Query and Analyze Distributed Data Sources with SQL’ (2019)
- [5] ‘What is citus?’, recuperado el 13 de noviembre de 2023, citusdata. [https://docs.citusdata.com/en/latest/get\\_started/what\\_is\\_citus.html](https://docs.citusdata.com/en/latest/get_started/what_is_citus.html)
- [6] ‘What is Apache Superset?’, recuperado el 13 de noviembre de 2023, Apache Superset. <https://superset.apache.org/docs/intro/>
- [7] Sean J. Taylor & Benjamin Letham, ‘Forecasting at Scale’. Facebook, Menlo Park, California, United States (2017)

#### FINANCIACIÓN

El personal técnico que han trabajado en este estudio ha sido financiado mediante el Programa Investigo regulado por la “Orden TES/1267/2021, de 17 de noviembre, por la que se establecen las bases reguladoras para la concesión de subvenciones públicas, destinadas a la financiación del «Programa Investigo», de contratación de personas jóvenes demandantes de empleo en la realización de iniciativas de investigación e innovación, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia” y el “DECRETO 137/2021, de 15 de diciembre, por el que se establecen las bases reguladoras para la concesión de subvenciones destinadas a la financiación de los programas de empleo creados para la ejecución del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia en la Comunidad Autónoma de Extremadura.



# Ensayo in vitro sobre la eficacia de fungicidas contra *Phytophthora cinnamomi*

María Luisa Fernández García, Ana Quevedo Díaz, Manuel Fernández Martínez, Raúl Tapias Martín.

Departamento Ciencias Agroforestales  
Universidad de Huelva  
ETSI La Rábida

mluisa.fernandez@uhu.es, anaquevedo29@gmail.com, nonoe@uhu.es, rtapias@uhu.es.

**Resumen-** El decaimiento del arbolado en el monte mediterráneo, denominado “la seca” es uno de los problemas ambientales más importante de las últimas décadas. Está causado principalmente por *Phytophthora cinnamomi*. En la búsqueda de tratamientos para paliar la enfermedad, entre otros se encuentra la aplicación de distintos compuestos fungicidas.

Este estudio ha consistido en un ensayo in vitro en el cual se ha comprobado la eficacia de dos fungicidas (Tricup Forte y Fosetil Aluminio) en vitroplantas de *Quercus suber* infectadas con *P. cinnamomi*.

La eficacia de los tratamientos ha sido evaluada mediante fotografías de los sistemas radicales posteriormente analizadas con un GIS, se ha realizado un conteo de zoosporas y se ha tomado datos de supervivencia y de aparición de síntomas. Tras un análisis estadístico, se puede afirmar que las dos materias activas mejoran la supervivencia de las plántulas y reducen el número de zoosporas a los cuatro días de la inoculación. Además, el tamaño de la planta influye en la supervivencia de estas.

**Palabras Clave-** *Phytophthora cinnamomi*, *Quercus suber*, fungicidas. Evaluación in vitro

## I. INTRODUCCIÓN

El decaimiento del arbolado en el monte mediterráneo, denominado “la seca”, es uno de los problemas ambientales más importantes de las últimas décadas [1]. Está causado por diversos factores, entre los que destaca *Phytophthora cinnamomi* por su gran virulencia y capacidad de dispersión [2] [3] [4]. En la búsqueda de tratamientos para paliar la enfermedad, se encuentran, entre otros, la aplicación de distintos compuestos fungicidas respetuosos con el medio ambiente [5] [6]. El objetivo principal de este trabajo es ensayar in vitro la eficacia de dos materias con actividad fungicida (Tricup Forte y Fosetil Aluminio) en plantas de *Quercus suber* infectadas con *P. cinnamomi*.

## II. METODOLOGÍA

### A. Material vegetal

El material vegetal utilizado ha sido vitroplantas de *Quercus suber* establecidas en cultivo in vitro en fase de enraizamiento. Para el estudio se han seleccionado dos clones, que una vez multiplicados, fueron plantadas en medio MS con el nitrógeno reducido a la mitad (MS 1/2N), suplementado con 4 mg/L de AIB y 30 g/L de sacarosa. Además, el medio fue suplementado con distintos tratamientos contra la *Phytophthora cinnamomi* (tabla1).

Tabla I  
DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS

Tratamiento	Producto
1	Control – sin producto
2	Tricup
3	Fosetil

Las plantas fueron cultivadas en estos tratamientos hasta la aparición de raíces (20-30 días) en cámara de cultivo a 22-24 °C en fotoperiodo 16:8 horas.

### B. Cultivo de *Phytophthora cinnamomii*

Para este ensayo se han utilizado tres cepas de *P. cinnamomi* cultivadas en Placas Petri en medio V8 con agar. Después de una semana en crecimiento el micelio, se procedió a la inducción de esporangios y la producción de zoosporas.

### C. Inducción de esporangios

Se cortaron discos de agar de 0,5 cm<sup>2</sup> del borde de una colonia que se haya cultivado en medio de cultivo V8. En condiciones estériles, los discos se incubaron en un recipiente con V8 líquido a una temperatura de 22-24 °C. Después de 6 días, se retiró el medio de cultivo y se sustituyó por 25 ml de agua destilada y se mantuvo en agitación durante 19 horas. Posteriormente se reemplazó el agua destilada por solución salina de Chen y Zentmyer [7] incubada a la luz. Pasadas las 24 horas, la solución salina fue sustituida por agua destilada durante 2-3 horas a una temperatura de 18 °C. Los esporangios deben desarrollarse en 2-3 horas. Todo el proceso realizado en condiciones estériles.

### D. Infección de las plantas in vitro

Las plantas con raíces fueron plantadas en viales de 5 ml donde fue añadida 1 ml de una suspensión de zoosporas en condiciones estériles. Para determinar la cantidad de zoosporas se realizó un conteo con Cámara de Neubauer y se añadió a cada planta un millón de zoosporas, diluidas en 1ml de agua destilada. A las plantas control se añadió la misma disolución de zoosporas autoclavada.

Una vez las plantas fueron inoculadas, se mantuvieron en la suspensión de zoosporas durante 4 días. Los primeros 2 días se mantuvieron en oscuridad y el periodo restante en condiciones de luz con mismas condiciones de temperatura (22-24 °C) y luz (16:8 h) que en su cultivo.

Una vez pasado los 4 días de infección, las plantas continuaron en condiciones estériles plantadas en sustrato de

perlita con medio Ms 1/2N y mismas condiciones de luz y temperatura.

### E. Toma de datos y análisis estadístico

La eficacia de los tratamientos ha sido evaluada tomando datos de distintos parámetros.

Por un lado, se han tomado fotografías de las plantas en el momento inicial (momento de la infección), a los 2 días de infección y a los 4 días de infección (antes de la plantación en sustrato). Estas imágenes han sido digitalizadas con un software de Sistema de información Geográfica (SIG) y se ha obtenido la longitud de la raíz, longitud de tallo y necrosis en la raíz para cada planta en cada momento.

Por otro lado, una vez que los alcornoques han sido plantados en sustrato se han tomado datos de supervivencia y fecha de inicio de sintomatología en la parte aérea diario hasta el fin del experimento.

Los datos de crecimiento de raíz y tallo y los datos relativos a la necrosis han sido analizados con un análisis de varianza (ANOVA), previamente al análisis estadístico se comprobó el supuesto homocedasticidad y normalidad de los datos. Por un lado, se comprobó la normalidad mediante el test de Komologorov-Smirnov y la homocedasticidad por el test de Levene. Posteriormente se procedió a la realización de. El test de Tukey fue utilizado para comparación múltiples de medias para un nivel de significancia del 5% ( $P \leq 0,05$ ).

La supervivencia y la sintomatología han sido analizadas mediante tablas de mortalidad siguiendo el método Actuarial para obtener una descripción más precisa de la evolución de la supervivencia a lo largo del tiempo.

## III. RESULTADOS

El tratamiento aplicado muestra diferencias estadísticamente significativa en el tiempo de supervivencia de las vitroplantas inoculadas con *P.cinnamomi* (fig1). Las plántulas no tratadas (Tratamiento 1) comienzan a morir al sexto día después de la infección, mientras que las plantas tratadas no comienzan a morir hasta el octavo día. Entre los dos fungicidas aplicados, la velocidad de muerte de las plantas tratadas con Fosetil aluminio (Tratamiento 3) es ligeramente menor que la de las plantas tratadas con Tricut forte (Tratamiento 2). Las diferencias entre ambos no son estadísticamente significativas.

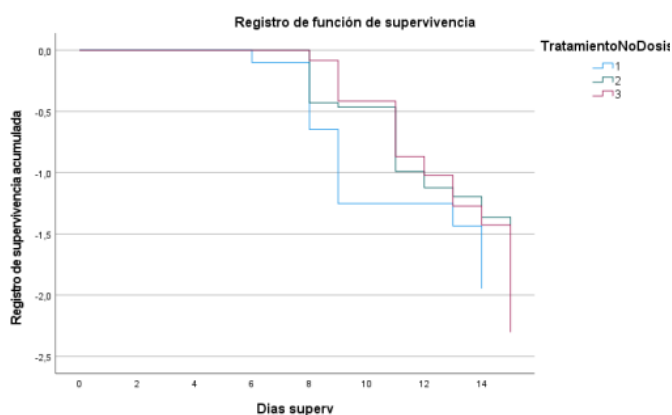


Fig 1. Días de supervivencia medios de las vitroplantas infectadas para cada tratamiento. 1: Control (sin fungicida), 2: Tricup Forte, 3: Fosetil aluminio.

Se observaron diferencias muy significativas en la cantidad de zoosporas a los 4 días en las plántulas tratadas con los fungicidas respecto a las plántulas controles (Tratamiento 1). El número de zoosporas encontradas es muy similar para ambos tipos de fungicidas, algo superior a 220.000 zoosporas por ml, frente a las plantas sin tratar que se han encontrado unas 580.000 (fig. 2).

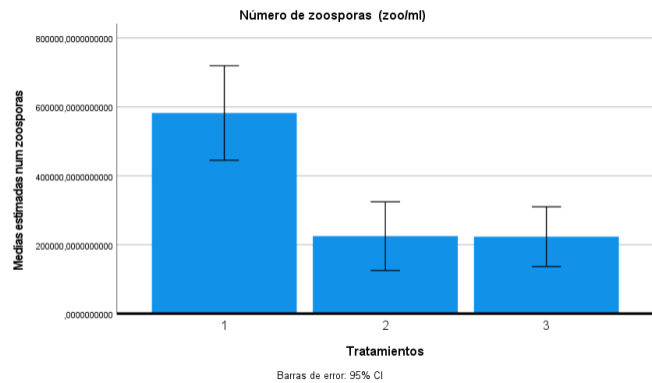


Fig 2. Número de zoosporas encontradas 4 días tras la infección en cada tratamiento. 1: Control (sin fungicida), 2: Tricup Forte, 3:Fosetil aluminio.

El tamaño de las plantas influyó en la supervivencia de estas. Conforme aumenta el tamaño, aumenta el número de días que sobreviven las vitroplantas de alcornoque (fig 2). Esta diferencia de supervivencia según el tamaño, se mantiene en todos los tratamientos aplicados, aunque es más notable en los alcornoques con los tratamientos fúngicos (Tratamiento 2 y 3).

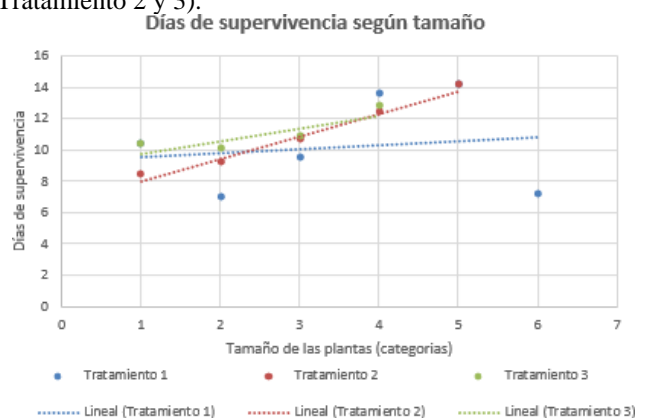


Fig 3. Días de supervivencia medios de las vitroplantas según el tamaño en categorías (0=<5mm, 1=5-10mm, 2=10-20mm, 3=20-30mm, 4=30-40mm, 5=>40mm) en cada tratamiento 1: Control (sin fungicida), 2: Tricup Forte, 3:Fosetil aluminio.

## IV. CONCLUSIONES

Los ensayos de inoculación in vitro permiten evaluar el efecto de las materias activas o genotipos en condiciones muy controladas y en pocos días.

las dos materias activas aplicadas mejoran significativa el número de días supervivencia de las vitroplantas.

El tamaño de la planta también influye en la supervivencia de estas, aumentando el número de días de supervivencia con el tamaño de la planta. Esta relación es significativa en las plantas tratadas.

El recuento del número de zoosporas al final de la inoculación es inferior en las plántulas tratadas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración y el apoyo financiero de la Junta de Andalucía (PE07-RNM-03108), la empresa Sánchez Romero Carvajal Jabugo S.L., la empresa Hefona Group S.L. y a el Programa Nacional de Mejora y Conservación de Recursos Genéticos de la encina y el alcornoque frente al síndrome de la seca.

## REFERENCIAS

- [1] J.M. COBOS, R. MONTOYA, J.J. TUSET, "New damages to the Quercus woodlands in Spain. Preliminary evaluation of the possible implication of *Phytophthora cinnamomi*". In: Proceedings of an International Congress. Recent advances in studies on oak decline. Luisi, N.; Lerario, P. & Vannini, (Eds.) Pp. 163-170, Putignano (Brindisi), Italia, 1993.
- [2] C.M. Brasier, "Phytophthora cinnamomi as a contributory factor in European oak declines". In: Proceedings of the International Congress. Recent advances in studies on oak decline. N. Luisi, P. Lerario & A. Vannini, Eds. Pp. 49-57, 1993.
- [3] C.M. Brasier, F. Robredo, J.F.P. Ferraz, "Evidence for *P. cinnamomi* involvement in Iberian oak decline". *Plant Pathology*, 42: 140-145, 1993.
- [4] A.C. Moreira, P. Caetano, S. Correia, C.M. Brasier, J.F.P. Ferraz, "*P. Cinnamomi* associated with cork oak decline in southern Portugal". Abstracts of the 6th International Congress of Plant Pathology, Montreal, Canada, 1993.
- [5] R. Fernandez Escobar, F.J. Gallego, M. Benlloch, J. Membrillo, J. Infante, y A. Perez de Algaba. "Treatment of oak decline using pressurized injection capsules of antifungal materials". *Eur. J. For. Path.*, 29: 29-38, 1999.
- [6] R.M. Navarro Cerrillo, L. Gallo Ibanez, M.E. Sanchez Hernandez, P. Fernandez Rebollo, A. Trapero Casas, "Efecto de distintas fertilizaciones de fosforo en la resistencia de brinzales de encina y alcornoque a *Phytophthora cinnamomi* Rands". *Invest. Agrar.: Sistemas de Recursos Forestales*, 13: 550- 558., 2004.
- [7] D.W. Chen and G.A. Zentmyer, "Production of sporangia by *Phytophthora cinnamomi* in axenic culture". *Mycologia* 62:397-402, 1970.

# Cómo crecen las raíces en Encina y Alcornoque. Efecto de la sequía y *Phytophthora cinnamomi*.

Ana QUEVEDO DÍAZ<sup>1</sup>, María Luisa FERNÁNDEZ GARCÍA<sup>1</sup>, Carmen ROMERO FORTE<sup>1</sup>,  
Manuel FERNÁNDEZ MARTÍNEZ<sup>1</sup>, Alejandro SOLLA HACH<sup>2</sup>, Beatriz CUENCA VALERA<sup>3</sup>,  
Raúl TAPIAS MARTÍN<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Agroforestales. ETSI La Rábida. Universidad de Huelva.

<sup>2</sup> Departamento Ingeniería Medio Agrónomo Forestal. Escuela de Ingeniería Forestal, Campus de Plasencia.  
Universidad de Extremadura.

<sup>3</sup> Vivero de TRAGSA. S. A, Maceda (Ourense).  
Email: anaquevedo29@gmail.com

**Resumen-** Las características de los sistemas radiculares reflejan las condiciones ambientales típicas de una especie y estas características varían con la etapa de desarrollo y las condiciones de crecimiento. En el marco del Programa Nacional de Mejora y Conservación de Recursos Genéticos de la encina y el alcornoque frente al síndrome de la seca, este estudio tiene como objetivo estudiar el sistema radical de las especies de Alcornoque (*Q. suber*) y encina (*Q. ilex*) en condiciones de estrés hídrico seguido de infección por *P. cinnamomi*.

Ambos factores son determinantes para la supervivencia de estas especies puesto que en estos momentos son los causantes de los mayores descensos de la población mediterránea. Se realizó una digitalización del sistema radical de las especies *Q. suber* y *Q. ilex* para capturar la evolución de la infección y el daño radical producido, así como la toma de datos ecofisiológicos

**Palabras Clave-** Sistema Radical, rizotrones, *Quercus suber*, *Quercus ilex*, *Phytophthora cinnamomi*, digitalización, estrés hídrico, infección.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las dehesas afrontan una gran variedad de riesgos que incluyen la actividad humana, daños asociados a insectos y enfermedades causada por microorganismos patógenos, así como características propias del clima mediterráneo. Entre estas últimas se encuentran las fuertes sequías que coinciden con periodos de máximas temperaturas, suelos pobres en nutrientes y efectos de elementos perturbadores como la herbivoría y el fuego <sup>[1] [2]</sup>. Todo ello contribuye a que la tasa de mortalidad incremente hasta valores críticos.

Para platearse la regeneración de árboles en el ecosistema mediterráneo se ha de tener en cuenta las diferentes etapas de la fenología. En este caso, el efecto de los factores ambientales debidos al cambio climático y enfermedades a causa de patógenos hace que el crecimiento de las plántulas en sus primeras etapas de desarrollo sea más vulnerable, produciendo de este modo un menor desarrollo de sus sistemas radiculares.

La investigación hasta la fecha demuestra que las características de los sistemas radiculares reflejan las condiciones ambientales típicas del ambiente nativo de una especie y que estas características varían con la etapa de desarrollo y las condiciones de crecimiento. Por supuesto, es

probable que las características del sistema de raíces también reflejen la historia de diferentes linajes evolutivos <sup>[2] [3]</sup>.

La mayor parte de la bibliografía que nos encontramos está dedicada a temas de ecología y silvicultura. Los estudios anatómicos y fisiológicos son muy escasos especialmente los que tratan sobre el sistema radicular <sup>[1] [3]</sup>. Por esa escasez de estudios sobre los sistemas radicales expuestos a diferentes escenarios, este trabajo se ha centrado en el estudio del comportamiento radicular en las especies de dehesa mediterránea *Q. suber* y *Q. ilex*, bajo dos factores ambientales de estrés hídrico y el patógeno, que en estos momentos está produciendo mayores descensos de la población mediterránea, *Phytophthora cinnamomi*.

Estos estudios pueden ayudar a un mayor conocimiento de los daños que producen ambos factores tanto separados como de forma conjunta y puede contribuir a una nueva visión para los tratamientos que se han de seguir en un futuro. Además, de forma indirecta, se recabará información de poblaciones con individuos sobresalientes que posteriormente se podrán someter a tratamiento de clonación.

En el marco del Programa Nacional de Mejora y Conservación de Recursos Genéticos de la encina y el alcornoque frente al síndrome de la seca, coordinado por el MAPA-MITERD, Subdirección General de Política Forestal y Lucha contra la Desertificación, Este estudio tiene como objetivo estudiar el sistema radical de las especies de Alcornoque (*Q. suber*) y encina (*Q. ilex*) en condiciones de estrés hídrico seguido de infección por *P. cinnamomi*.

## II. MATERIALES Y MÉTODO

El ensayo se inicia a principios de marzo del 2021 Se seleccionaron 3 progenitores de las dos poblaciones de cada especie con comportamiento más contrastado en ensayos previos (2 especies x 2 poblaciones x 3 familias x 10 repeticiones = 120 rizotrones). Las semillas utilizadas pertenecen a las especies *Q. suber* y *Q. ilex*, provienen de poblaciones situadas en diferentes zonas de España.

Los rizotrones fueron contruidos específicamente para este proyecto según un diseño propuesto por la Universidad de Extremadura. Están contruidos con dos láminas de metacrilato de 5 mm de espesor y dos perfiles cuadrados de

aluminio de 14 mm, ambos unidos con adhesivo de construcción y posteriormente atornillados para una mayor sujeción. Las dimensiones finales son de 2000 x 230 x 24 mm (útiles para la planta 1980x200x14 mm) (Fig. 1).

Una vez germinadas las semillas (crecimiento de la radícula de 10 – 15 mm) se colocaron de forma individual en los rizotrones dando en total 120 unidades (10 semillas por familia). El ensayo se dividió en tres fases. En la primera fase el objetivo es el establecimiento y crecimiento sin restricciones de la raíz principal (2 metros de longitud). Después, durante todo 2021 se someten a dos regímenes de riego:

- La mitad del ensayo se somete a estrés hídrico progresivo hasta alcanzar una separación entre riegos de 1



Fig. 1. Estado de los Rizotrones en junio de 2020 antes de ciclos de sequía e infección. Detalle del sistema radical (izquierda) y vista general (derecha).

mes o la muerte del 10% de las plantas. (5 repeticiones)

- La otra mitad sin estrés (riegos cada 7 días). (5 repeticiones)

En el mes de Julio de 2022 se procedió a la infección de la mitad de los rizotrones con *P. cinnamomi*, dentro de cada tratamiento de sequía (se separaron para que no hubiera posible contaminación cruzada). El procedimiento que se llevó a cabo fue el siguiente:

- Se separaron los rizotrones que iban a ser infectados
- Se procedió a la infección mediante un inoculo de *P. cinnamomi*.

- Los rizotrones infectados se introdujeron en un contenedor de (1x1x2 m<sup>3</sup>) proporciones, y se rellenó con agua hasta saturación.

- Se mantuvieron en estas condiciones 1 días, para favorecer el movimiento del inoculo en el sistema radical.

- Por último, se sacaron y se dispusieron separados los infectos de los no infectados.

Después de la infección se esperó un mes aproximadamente para cerciorar que la infección era efectiva y se procedió a la realización de 3 periodos de sequía establecidos.

Los sistemas radicales de rizotrones se fotografiaron en varias ocasiones a lo largo de los 2 años de crecimiento (julio 2021 y diciembre 2022) con una resolución de 100 micras por pixel. Las imágenes fueron georreferenciadas y se digitalizaron las raíces distinguiendo tres categorías (raíz principal, secundaria y terciaria) en un Sistema de Información Geográfica (ArcGis). De este modo es posible cuantificar los efectos producidos por ambos factores en diferentes periodos de tiempo. Además, se realizaron otro tipo de medidas ecofisiológicas en las plantas como medición de fotosíntesis mediante Infra-red Gas Analyzer (IRGA), Transpiración cuticular, conductancia, curvas de presión volumen, análisis nutrientes.

Finalmente se procede a la cosecha de raíces y parte aérea para la cuantificación del peso seco y longitud, por franjas de profundidad de 25 cm.

### III. RESULTADOS

Las muestras fotográficas de los rizotrones recogidas nos permiten evaluar el desarrollo del sistema radical en las diferentes condiciones de sequía e infección, así como la evolución de la infección y el daño radicular producido.

La figura 2 muestra varios ejemplos de diferentes rizotrones según el tratamiento establecido para el ensayo. En cada uno de ellos podremos observar dos tipos de digitalizaciones del mismo sistema radical, en uno aparecerá el sistema radical actualizado con los crecimientos producidos en por los diferentes tratamientos y en el segundo se diferenciará solo entre raíces muertas y vivas, en cada uno de los casos.

Con los datos obtenidos de la digitalización realizada a cada uno de los individuos del ensayo se ha podido obtener datos de mortalidad del sistema radical, así como longitudes totales de crecimiento para cada uno de los tratamientos y el efecto de la infección por *P. cinnamomi*. (Fig. 3.). La especie *Q. ilex* tiene una mayor longitud de raíces y en cambio es más susceptible a *P. cinnamomi*.

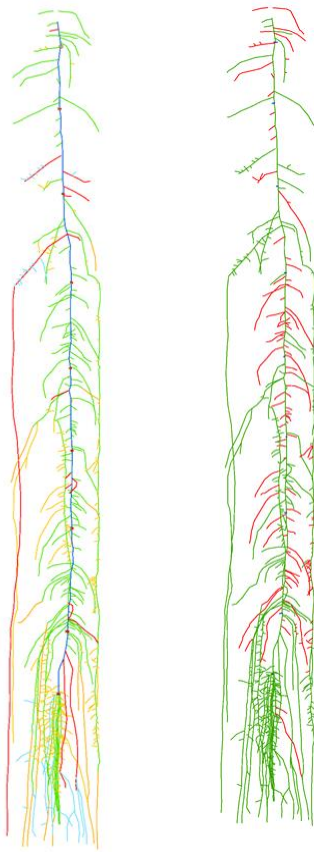


Fig. 2. Ejemplo de la digitalización de *Quercus suber* en Ws y Pc. Las imágenes representan el crecimiento del sistema radical y la mortalidad. (Ws = Estrés hídrico; Pc = *P. cinnamomi*).

En ambas especies se observó una mayor biomasa radicular en los primeros 50 cm de profundidad, muy superior en la especie *Q. suber*. El estrés hídrico afectó más al alcornoque mientras que *Q. ilex* es más sensible a la infección por *P. cinnamomi* (figura 4).

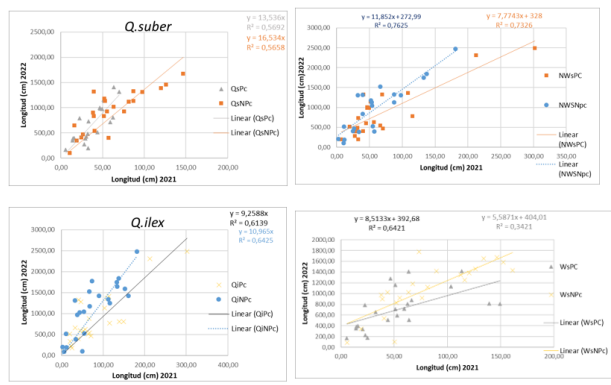


Fig. 3. Relación entre la longitud de raíces totales en 2021 y 2022 según la especie y tratamiento de estrés hídrico e infección.

IV. CONCLUSIONES

Los contenedores transparentes (rizotrones) han permitido comprobar el rápido desarrollo de los sistemas radicales en profundidad y el diferente efecto provocado por el estrés hídrico y la infección de *P. cinnamomi* en las dos especies.

El alcornoque destinó más recursos en la formación de una mayor biomasa de raíz principal que duplicó los valores de la encina. En las raíces secundarias ocurrió lo contrario.

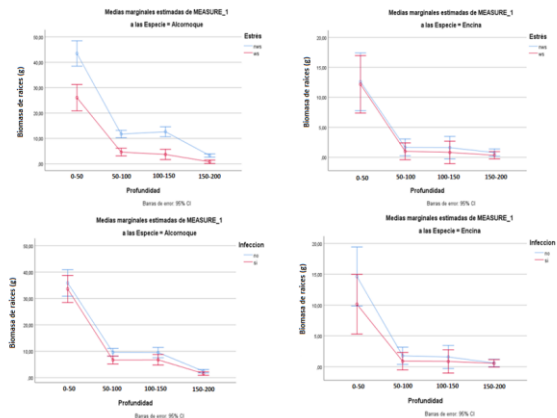


Fig. 4. Peso seco (g) del sistema radical >2mm, diferenciando entre *Q. suber* y *Q. ilex* entre los dos tratamientos de estrés hídrico por un lado e infección por *P. cinnamomi*.

El alcornoque resultó más sensible al estrés hídrico que a la infección, tanto en número, longitud y biomasa de raíces, mientras que la encina fue más sensible a la infección.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del Programa Nacional de Mejora y Conservación de Recursos Genéticos de la encina y el alcornoque frente al síndrome de la seca, coordinado por el MAPA-MITERD, Subdirección General de Política Forestal y Lucha contra la Desertificación. Cofinanciado por Programa FEADER al 75%.

REFERENCIAS

- [1] Verdguer Murlà, D. (1995). Sistema radicular de *Quercus suber*: estructura i desenvolupament. Tesis Doctoral, Universitat de Girona.
- [2] Baraza, E., Zamora, R., & Hódar, J. A. (2006). Conditional Outcomes in Plant-Herbivore. *OIKOS* 113, 148 - 156.
- [3] Nicotra, A., Babicka, N., & Westoby, M. (2002). Seedling root anatomy and morphology: an examination of ecological differentiation with rainfall using phylogenetically independent contrasts. *Oecologia*, 136-145.

# Green hydrogen: Current legal status worldwide

Fomento de la Cultura Científica, Tecnológica y de Innovación en Ciudades Inteligentes

Jesús Rey, Cirilo Delgado, Francisca Segura, José Manuel Andújar

Grupo de Investigación de Control y Robótica TEP-192, Centro de Investigación en Tecnología, Energía y Sostenibilidad (CITES). Departamento de Ingeniería Electrónica, de Sistemas Informáticos y Automática, Universidad de Huelva, Spain  
jesus.rey@diesia.uhu.es ; cirilo.delgado@pi.uhu.es ; francisca.segura@diesia.uhu.es ; andujar@diesia.uhu.es

**Abstract-** Green hydrogen (i.e. hydrogen produced from the electrolysis of water with renewable energy input) is seen as an essential energy carrier for integrating renewable energies and replacing fossil fuels due to its chemical properties and environmental benefits. However, it faces problems such as the possibility that hydrogen sold as "green" may be grey hydrogen (obtained from steam reforming and natural gas) coated in "green". It is therefore imperative that the different countries of the world come up with a regulation that clearly defines what green hydrogen is, so that a set of standards can be defined for the issuance of green hydrogen guarantee of origin certificates. This paper compiles the current legal status of green hydrogen in different countries, observing a clear inequality in this aspect in different parts of the world, which implies the need to implement a series of international standards to solve this problem, so that green hydrogen guarantee of origin certificates can be accepted in different countries.

**Keywords-** Green Hydrogen, Green Hydrogen Legal Status Worldwide, Green Hydrogen Regulatory Framework, Green Hydrogen Guarantees of Origin Certificates

## I. INTRODUCTION

The current climate crisis highlights the need to replace fossil fuels with more (environmentally) sustainable energy sources that do not emit greenhouse gases [1]. While renewable energies meet this criterion, it is also true that these energy sources are not controllable and are highly dependent on weather conditions (e.g. there is no wind or solar energy production when the corresponding energy resource, i.e. wind or sun, respectively, is not available). Therefore, when renewable energy production exceeds energy demand, it is necessary to use the so-called energy storage systems (ESS) that allow energy to be stored for use in times of energy deficit (i.e. when demand exceeds energy production) [2]. In this sense, the storage of green hydrogen (i.e. hydrogen produced from the electrolysis of water using renewable energy) will play a key role [2], as a result of the chemical properties (such as the possibility of using hydrogen for long-term storage or its enormous lower heating value) and environmental benefits of this type of hydrogen (since it is produced from renewable energy sources, it has no associated carbon footprint and only emits steam during combustion) [3].

However, if there is no clear regulation concerning green hydrogen in different parts of the world, how can it be guaranteed that the hydrogen purchased from a company or public body is green hydrogen and not grey hydrogen labelled "green"? In order to achieve this objective [4], and as a prior step to the establishment of a set of standards that will enable the issuance of green hydrogen guarantee of origin (GO) certifications, it is absolutely essential to

establish a regulatory framework that clearly defines what green hydrogen is, which in turn will lead to the establishment of a set of standards that will allow the subsequent issuance of the corresponding green hydrogen GO certificates. For this reason, several countries around the world have already established or are in the process of establishing the legislation described above which, in turn, will form the basis for the rules for issuing the above-mentioned certificates.

In this sense, this paper includes both the presence or absence of regulations relating to green hydrogen in different countries (including information on the predisposition of the corresponding governments of the respective countries to implement the appropriate legislation) and the existence in these countries of the so-called green hydrogen GO certifications.

## II. GLOBAL GREEN HYDROGEN REGULATORY FRAMEWORK

The current legislation concerning green hydrogen in the different countries of the world shows a clear inequality. Thus, Spanish and European legislation (which prevails over national laws in case the Spanish law contradicts the European counterpart) has already specific legislation defining this energy vector and a series of standards for issuing green hydrogen GO certifications, while in Chinese legislation there is only mention of the importance of hydrogen in the future of the industry (without establishing any type of regulation concerning green hydrogen). On the other hand, in the United States there is no regulation concerning green hydrogen, but "clean" hydrogen (which is defined in its Public Law 117-58-Nov.15 2021). Moreover, Indian and Brazilian legislation (although they do not yet have a regulation in force) are in the process of implementing a regulation concerning green hydrogen, while other countries such as Argentina, Canada, Algeria, Morocco, Japan, Australia or United Kingdom (among other countries) plan to develop a legislation concerning green hydrogen (which, in turn, will lead to the establishment of the requirement for issuing green hydrogen GO certifications). Table 6 shows, in detail, the existing green hydrogen legislation in different parts of the world, as well as the existence of standards for issuing green hydrogen GO certifications, while Figure 7 provides, as a summary, a world map giving an overview of current legal status of green hydrogen around the world.

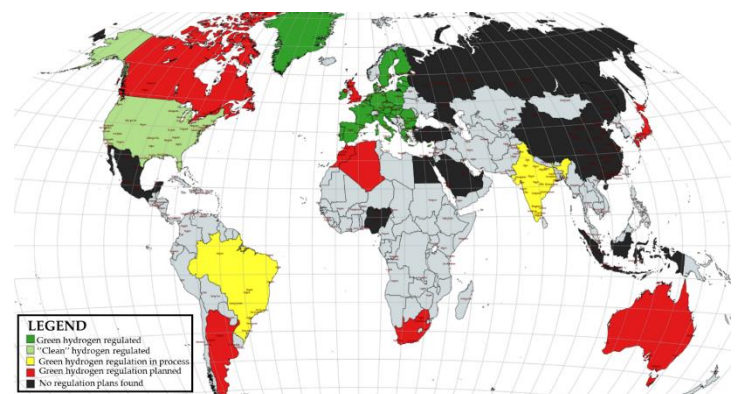
**Table 6.** Current legislation concerning green hydrogen in different parts of the world

Country	Legislation
Spain	Article 19.1, RD, 376/2022. Green hydrogen: Hydrogen that comes from renewable energies, whose producer needs to be registered in the registry of facilities for the production of gas from renewable energies [5]. Order TED/1026/1022. Green hydrogen must derive from the direct production from renewable energies produced on site, or from the conversion with any other renewable energy to issue GO certifications [6].
EU	EU RE-Directive II: Green hydrogen can only be considered renewable if its producer can provide enough evidence that the energy used, so that the electrolysis process is carried out, is renewable energy. This regulation establishes standards for green hydrogen GO certifications [7], [8].
US	Public Law 117-58-Nov.15 2021: "Clean" hydrogen: Hydrogen produced with a carbon intensity lower or equal to 2 kg per kilogram of hydrogen produced [9]. Low Carbon Fuel Standard (LCFS): Certification adopted in different US states such as California (which includes the LCFS in the Californian Code of Regulation, Title 17), Oregon and Washington [10], [11].
UK	Department for Business, Energy, and Industrial Strategy has committed to set up a hydrogen certification by 2025 [12].
Australia	Australian Energy Council recommends the implementation of a GO certification and supports the appointment of the Clean Energy Regulator to administer and oversee this certification [13].
Japan	The Japanese government (aware of the importance of regulating hydrogen) plans to establish a new legislation, in which hydrogen producers via non-environmentally friendly methods, would be excluded [14]
Canada	Canada's Ministry of Natural Resources: Plans to implement consistent policies concerning green hydrogen across the different regions of the country [15].
China	Chinese government has not implemented (nor has it shown any intention of doing so) a green hydrogen legislation yet (only it is encouraged its production)
India	India government [16]: 2022-23: Regulations and standards on green hydrogen will begin to be implemented. 2023-24: Relevant international standards on green hydrogen will be adopted.
South Africa	The government is actively collaborating with the German Ministry of Economic Cooperation and Development to promote green hydrogen production in South Africa, so that a regulatory framework can be established [17].
Brazil	Green hydrogen legislation in process [18]: Bill of Law 725/2022: It establishes different

mechanisms to insert hydrogen into national energy sector, as well as the definition of sustainable hydrogen. Furthermore, it allows the National Agency for Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP) to regulate the activities in the hydrogen chain and sets a mandatory blending of hydrogen in natural gas transportation pipelines of 5% by 2032 and 10% by 2050.

Bill of Law 1878/2022: It establishes that the ANP is responsible for regulating the activities of green hydrogen chain and for issuing the licenses for green hydrogen production.

Russia	Lack of regulation; in addition, the use of clean hydrogen has not gained public acceptance yet (in addition, Russia has not even introduced carbon regulation yet) [19].
Indonesia	No regulation concerning green hydrogen (furthermore, renewable energies regulation is still limited), which is a sector still in a very early stage in this country [20].
Argentina	Plans to establish (before 2030) a GO certification, which shall be based on emission criteria [21].
Nigeria	In spite of green hydrogen potential (as a result of the abundant renewable energy resources available) in Nigeria, there is a lack of regulation [22].
UAE Saudi Arabia Egypt	Lack of legislation concerning green hydrogen in these three countries [23].
Algeria	The Algerian government has developed a national hydrogen strategy and has expressed the country's strategic position on the use of green hydrogen, and the country needs to prepare the corresponding regulatory framework [24].
Morocco	The Moroccan government plans, in its National Hydrogen Strategy, to establish, in the medium term, stricter environmental regulations concerning the production of green hydrogen [25].

**Figure 7.** World map of the current legal status of green hydrogen in different countries.

### III. CONCLUSIONS

This paper has carried out a study of the legislation concerning green hydrogen at the global level. In this regard, it has demonstrated the evident inequality in the regulation of green hydrogen worldwide. This makes it necessary to establish a set of international standards for this energy carrier, so that green hydrogen GO certificates can be common (or at least valid) in different countries. Thus, there are already initiatives to establish a set of standards for hydrogen at European level (CEN-CENELEC) and at international level (ISO-IEC) [26]. Moreover, projects such as CertifHy [4] have proposed (at European level) GO certificates to distinguish between renewable hydrogen and low-carbon hydrogen.

### ACKNOWLEDGEMENTS

This research has been funded by the Spanish Government, grant (1) Ref: PID2020-116616RBC31, grant (2) Ref: RED2022-134588-T REDGENERA and grant (3) Cátedra Cepsa. Proyecto HyGROBOT.

### REFERENCES

- [1] Z. Liu, B. Wang, and C. Cazorla, "Strain Engineering of Two-Dimensional Piezophotocatalytic Materials for Improved Hydrogen Evolution Reaction," *ACS Sustain. Chem. Eng.*, vol. 10, no. 50, pp. 16924–16934, Dec. 2022, doi: 10.1021/acssuschemeng.2c05838.
- [2] F. J. Vivas, A. De las Heras, F. Segura, and J. M. Andújar, "A review of energy management strategies for renewable hybrid energy systems with hydrogen backup," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 82, pp. 126–155, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.09.014.
- [3] M. Genovese, V. Cigolotti, E. Jannelli, and P. Fragiocomo, "Current standards and configurations for the permitting and operation of hydrogen refueling stations," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 48, no. 51, pp. 19357–19371, 2023, doi: 10.1016/j.ijhydene.2023.01.324.
- [4] A. Velazquez Abad and P. E. Dodds, "Green hydrogen characterisation initiatives: Definitions, standards, guarantees of origin, and challenges," *Energy Policy*, vol. 138, p. 111300, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.enpol.2020.111300.
- [5] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, *Real Decreto 376/2022, de 17 de mayo, por el que se regulan los criterios de sostenibilidad y de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de los biocarburantes, biolíquidos y combustibles de biomasa, así como el sistema.* 2022, p. 108. [Online]. Available: <https://www.boe.es>
- [6] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, "Orden TED/1026/2022, de 28 de octubre, por la que se aprueba el procedimiento de gestión del sistema de garantías de origen del gas procedente de fuentes renovables," *Boletín Of. del Estado*, pp. 148170–148212, 2022.
- [7] A. H. Azadnia, C. McDaid, A. M. Andwari, and S. E. Hosseini, "Green hydrogen supply chain risk analysis: A european hard-to-abate sectors perspective," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 182, p. 113371, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113371>.
- [8] European Parliament, "Renewable energy directive: Revision of Directive (EU) 2018/2001," 2021.
- [9] Authenticated U.S. Government Information, "Public Law 117-58-Nov.15, 2021," 2021, [Online]. Available: [https://ballotpedia.org/Infrastructure\\_Investment\\_and\\_Jobs\\_Act\\_of\\_2021%0Ahttps://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/3684/text](https://ballotpedia.org/Infrastructure_Investment_and_Jobs_Act_of_2021%0Ahttps://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/3684/text)
- [10] California Air Resources Board, "Low Carbon Fuel Standard." <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/low-carbon-fuel-standard/about> (accessed Jun. 14, 2023).
- [11] K. Bracmort, "A Low Carbon Fuel Standard: In Brief SUMMARY A Low Carbon Fuel Standard: In Brief," *Congr. Res. Serv.*, 2021.
- [12] "Hydrogen Strategy update to the market: December 2022," 2022.
- [13] Australian Energy Council, "Hydrogen Guarantee of Origin-Discussion Paper," 2021.
- [14] D. Akimoto, "Japan Looks to Promote a Hydrogen Society," *The Diplomat*, 2023. <https://thediplomat.com/2023/01/japan-looks-to-promote-a-hydrogen-society/> (accessed Jun. 14, 2023).
- [15] Canada's Ministry of Natural Resources, *Hydrogen Strategy for Canada: Seizing the Opportunities for Hydrogen.* 2020.
- [16] Green Hydrogen Organisation, "Green Hydrogen Standard: The Global Standard for Green Hydrogen and Green Hydrogen Derivatives including Green Ammonia,," 2023.
- [17] T. Salma and N. Tsafos, "South Africa's Hydrogen Strategy," *CSIS*, 2022. <https://www.csis.org/analysis/south-africas-hydrogen-strategy> (accessed Jun. 16, 2023).
- [18] T. Chequer and M. Brown, "Green Hydrogen," *Brazil Energy J.*, no. 09, 2023.
- [19] Y. Zabanova and K. Westphal, "Russia in the Global Hydrogen Race," *SWP Comment*, no. 34, 2021, [Online]. Available: [https://www.swp-berlin.org/publications/products/comments/2021C34\\_Russia\\_Hydrogen.pdf](https://www.swp-berlin.org/publications/products/comments/2021C34_Russia_Hydrogen.pdf)
- [20] Business Indonesia, "Hydrogen in Indonesia." <https://business-indonesia.org/hydrogen>
- [21] M. Marcó del Pont, "Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Economía del Hidrógeno," *Secr. Asuntos Estratégicos. Pres. Argentina.*
- [22] S. Ajala, "Unlocking green hydrogen potential to solve Nigeria's energy crisis," *Energy Transition. The Global Energiewende*, 2023. <https://energytransition.org/2023/06/unlocking-green-hydrogen-potential-to-solve-nigerias-energy-crisis/>
- [23] F. Salah, "Hydrogen Law, Regulations & Strategy in the Middle East," *CMS Law, Tax, Future*, 2021. <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-hydrogen/middle-east>
- [24] A. Ivanova, "Algeria's energy min to devise hydrogen development strategy," *Renewables Now*, 2022. <https://renewablesnow.com/news/algerias-energy-min-to-devise-hydrogen-development-strategy-78384/> (accessed Oct. 11, 2023).
- [25] International Energy Agency, "Morocco's National Hydrogen Strategy," 2021. <https://www.iea.org/policies/16971-national-hydrogen-strategy> (accessed Oct. 11, 2023).
- [26] European Clean Hydrogen Alliance, "Roadmap on hydrogen standardisation," no. March, pp. 1–121, 2023.

# Necesidad de zonas verdes del ciudadano en el medio urbano

José Antonio González Duque y Marina de Moya Alfonso

Departamento Ciencias Agroforestales.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros

UNIVERSIDAD DE HUELVA

Campus «El Carmen»

Avda. de las Fuerzas Armadas, s/n. 21007 Huelva

Email: duque@uhu.es marina.moya@dcaf.uhu.es

**Resumen-** Las ciudades modernas tienen nuevos retos que cumplir. Los avances tecnológicos deben ir acompañados de una adecuación de las zonas verdes urbanas. Estas deben ocupar el lugar que les corresponde en la trama urbana especialmente en ciudades altamente densificadas.

Hoy día gracias a la multiplicidad de sensores a tiempo real y con los *big data* específicos de cada campo se puede lograr una gran adecuación a las necesidades del ciudadano en el medio urbano y de este modo compensar, mediante los espacios verdes, el alejamiento de la naturaleza primitiva.

Las ciudades altamente tecnificadas en algunos casos olvidan y se alejan del medio natural en vez de encaminarse a una gestión de urbanismo sostenible y duradero (Oktay, D., 2012).

**Palabras Clave-** ScienCity, zonas verdes urbanas, bienestar creado por las zonas verdes.

## I. INTRODUCCIÓN

Cuando el urbanismo sostenible se caracteriza en muchos contextos, lo que generalmente se aborda como la principal preocupación es el medio ambiente natural y, por tanto, la sostenibilidad ecológica, condición que podría explicarse con el cambio climático, la inevitable crisis medioambiental. Sin embargo, debemos ser conscientes del hecho de que las prácticas de desarrollo actuales no sólo consumen enormes cantidades de tierra y recursos naturales, dañan los ecosistemas, producen una amplia variedad de contaminantes y sustancias químicas tóxicas, crean distancias y alimentan el calentamiento global, pero también crean desigualdades entre grupos de personas, socavan los valores comunitarios y sociales, economías y calidad de vida. Estos cambios incrementales implican un mayor estado crítico en ciudades de sociedades tradicionales donde las transformaciones en el nivel urbano aún son visibles (Oktay, D., 2012).

Una de las formas de hacer un urbanismo sostenible es no tener en cuenta sólo los espacios verdes urbanos sino también prever los espacios verdes urbanos que beneficien a la mayor parte del público.

## II. URBANISMO SOSTENIBLE

El urbanismo sostenible se caracteriza en muchos contextos, lo que generalmente se aborda como la principal preocupación es el medio ambiente natural y, por tanto, la sostenibilidad ecológica, condición que podría explicarse con el cambio climático, la inevitable crisis medioambiental. Sin embargo, debemos ser conscientes del hecho de que Las prácticas de desarrollo actuales no sólo consumen enormes cantidades de tierra y recursos naturales, dañan los ecosistemas, producen una amplia variedad de contaminantes y sustancias químicas tóxicas, crean distancias y alimentan el

calentamiento global, pero también crean desigualdades entre grupos de personas, socavan los valores comunitarios y sociales, economías y calidad de vida. Estos cambios incrementales implican una mayor Estado crítico en ciudades de sociedades tradicionales donde las transformaciones en el nivel urbano aún son visibles (Oktay, D., 2012).

Una de las formas de hacer un urbanismo sostenible es tener en cuenta no sólo los espacios verdes urbanos existentes sino también prever los espacios verdes urbanos que se beneficie la mayor parte de la población.

Los beneficios potenciales de los espacios verdes urbanos públicos están ampliamente reconocidos y bien documentados, pero la realización real de estos beneficios depende de un diseño apropiado y un mantenimiento continuo. Para considerar adecuadamente las necesidades y preferencias de los usuarios, lo ideal es que los profesionales que planifican y gestionan las se guíen por las mismas percepciones que motivan a las personas que se benefician de ellas (Ugolini, F. et al., 2022).

No sólo hay que dotar de espacios verdes urbanos la ciudad, sino que en la planificación urbana se ha de tener en cuenta las preferencias visuales y evitar los posibles impactos visuales negativos con un buen el buen uso de las zonas verde y los árboles de gran porte.

## III. LAS CIUDADES DENSIFICADAS

La calidad visual del paisaje y sus cambios tienen una influencia directa en la planificación urbana, las decisiones políticas y las preferencias individuales. Sin embargo, evaluar y cuantificar la calidad visual a gran escala es un desafío. Superando esta limitación, el capital visual proporciona un indicador fácilmente accesible de la calidad visual del paisaje de un edificio. Por lo tanto, permite estudios que tienen como objetivo identificar correlaciones con una "buena" visión; mejorar los modelos automatizados de valoración inmobiliaria, o cuantificar los impactos visuales de nuevos proyectos paisajísticos y de desarrollo urbano (Swietek, Adam R. y Zumwald, M., 2023).

Las ciudades de los países en desarrollo no tienen un patrón parecido a aquellas ciudades tradicionales que tienen pocos cambios y parece que el tiempo se ha detenido, suelen ser poco compactas y en general están poco industrializadas por tanto se ha de tener en cuenta estos elementos a la hora de planificar este tipo de urbes.

Además, la ciudad compacta tiene poco sentido para los países en desarrollo porque el contexto es completamente

diferente de los países norteamericanos y europeos cuyas ciudades han experimentado un declive poblaciones y desindustrialización. Las ciudades de los países en desarrollo tienen densidades mucho mayores que sus homólogos en los países desarrollados, y no se están volviendo significativamente menos compactos a pesar de la desaceleración del crecimiento demográfico y los inicios de la descentralización. Es más, existen otras cuestiones que exigen que las ciudades de los países en desarrollo elaboren planes realistas, aunque mínimos, de un desarrollo urbano en expansión (Oktay, D., 2012).

Las ciudades que se vuelven menos compactas e incluso pierden algo de industrialización por muy diversas razones, en estas surgen otras necesidades y otros estilos de vida que se aproximan más a la naturaleza. Incluso aparecen grupos ciudadanos más exigentes con las zonas verdes.

Por lo tanto, los planificadores y administradores de los espacios verde urbanos públicos (EVUP) deben ser conscientes del amplio espectro de problemas potenciales que preocupan a sus usuarios, con el fin de satisfacer las necesidades de la población urbana de la mejor manera posible. Muchas veces se ha observado una discrepancia entre las percepciones de los diseñadores y los usuarios, y estas discrepancias pueden impedir que los beneficios de los EVUP se materialicen plenamente (Ugolini, F. et al., 2022).

Haciendo el medio urbano sostenible se puede conseguir un neto ahorro en los recursos urbanos que se consumen y con ello los beneficios derivados que se conseguirá al haber un consumo optimizado de la energía y los medios materiales y logísticos utilizados en la urbe.

Los recientes esfuerzos por lograr entornos urbanos más sostenibles han revelado que, para que urbanismo sostenible para avanzar y ganar terreno, es esencial que sea visto por los ciudadanos como desempeñar un papel integral a la hora de abordar las cuestiones clave de nuestros tiempos. El cambio hacia un estilo de vida más sostenible requiere que las comunidades integren acciones ambientales individualizadas y privatizadas en vida cotidiana y lograr un ahorro de recursos en un contexto más amplio utilizando menos agua, menos energía, menos combustible para el transporte y generando menos emisiones de CO<sup>2</sup> (Oktay, D., 2012).

#### IV. BENEFICIOS DE LAS ZONAS VERDES

Los espacios verdes urbanos se hacen más necesarios especialmente en las ciudades que experimentan un gran crecimiento demográfico y puede que sectores de la población no se beneficien por igual de las zonas verdes.

A medida que los beneficios ambientales y culturales de los espacios verdes urbanos se vuelven cada vez más importantes en las ciudades debido al cambio climático y el crecimiento demográfico, las ciudades deben garantizar que todos los residentes, particularmente los grupos vulnerables, tener acceso a los EVU de alta calidad. Si bien los análisis de accesibilidad pueden ayudar a los planificadores a identificar quiénes en la ciudad no cuentan con servicios suficientes de EVU, excluir la calidad percibida de características específicas puede no determinar importantes desigualdades en el acceso a los EVU (Phillips, A, et al., 2023).

Las ciudades se comportan como los seres vivos en cuanto a las transformaciones que en ellas ocurren. Se realizan una serie de transformaciones más o menos profundas y con una gran variabilidad en el tiempo debido a una multiplicidad de

factores. Las transformaciones intraurbanas son planificables y es misión de los planificadores que permitan una adecuada integración social y cubrir todas las necesidades medioambientales de una ciudad moderna.

La estructura física de las ciudades sufre repetidamente una cadena de procesos de transformación a lo largo del tiempo. La morfología resultante es un objeto que tenemos que observar hasta dónde llegan estas modificaciones sucesivas que buscan las personas. Este alcance nos permite entender la morfología intraurbana como la cristalización de procesos urbanos cuyos principales impulsores son de naturaleza social. A pesar del conocimiento de esta relación entre las formas urbanas y los procesos urbanos vividos, desvelar estas últimas desde el primero es un reto (Debray, H. et al., 2023).

Las ciudades actuales tienen unas necesidades que las antiguas no tenían. Ahora se exigen unos requerimientos que antes no eran tan acuciantes e incluso la población les daba una menor importancia. En la actualidad la población es más crítica y exigente pidiendo una mayor calidad de vida.

En un entorno urbano sostenible, la gente debería tener abundantes oportunidades para caminar, andar en bicicleta (si necesario) utilizar silla de ruedas por los barrios, así como tener acceso a unas buenas vías públicas de transporte. Estas variadas opciones de transporte aumentarían el acceso a servicios e instalaciones, ayudarían a reducir dependencia del coche y, por tanto, la congestión y la contaminación, lograr una reducción del consumo de energía y ayuda a mantener un alto nivel de movilidad energéticamente eficiente y respetuosa con el medio ambiente dentro de la ciudad o región urbana (Oktay, D., 2012).

Cuando las ciudades crecen, también normalmente crecen las posibilidades para instaurar nuevos espacios verde urbanos (EVU). En las urbes muy compactas es normal que las zonas verdes mayores estén cerca de la periferia o en la misma periferia.

Los espacios verdes urbanos periféricos más grandes ofrecen beneficios que no brindan los EVU del centro de la ciudad, es probable que las personas que viven en el centro de la ciudad también visiten los EVU periféricos, contribuyendo así a la demanda en estos espacios. Por lo tanto, los análisis de accesibilidad que utilizan la densidad de población cercana como indicador del hacinamiento pueden pasar por alto casos de alta demanda en los EVU periféricos (Phillips, A, et al., 2023).

¿Qué es lo que demandan generalmente los urbanitas? Los espacios verdes urbanos o zonas urbanas verdes en todos los casos, pero profundizando algo más, son los valores y mejoras que aportan a sus vidas.

Los usuarios de muchos países enfatizaron la “naturaleza” y la “tranquilidad” como factores que mejoran su sentido general de bienestar en los espacios verdes urbanos, mientras que estos dos aspectos fueron en gran medida ignorados por los profesionales en casi todos los países. Además, los profesionales sobrestimaron la satisfacción de los usuarios con las características específicas de la UGS, que van desde la accesibilidad hasta el mobiliario del parque. Estos hallazgos refuerzan la preocupación de que los beneficios y servicios de los espacios verdes sólo pueden maximizarse si los profesionales de la UGS reconocen las necesidades y deseos reales de los usuarios de los espacios verdes urbanos, desde la fase de planificación y diseño paisajístico hasta la gestión y el

mantenimiento diarios de estos servicios compartidos (Ugolini, F. et al., 2022).

El entorno de los edificios y su adecuación a su zona y clima es importante también, e incluso los materiales empleados porque todo ello proporcionará una mejora holística de los habitantes en las distintas zonas urbanas.

En relación con los edificios y su escala, otros aspectos importantes con la sensibilidad ecológica son el uso de materiales locales y regionales de carácter natural, la conformidad del edificio con su entorno y en particular con el clima, la flexibilidad adaptarse a las condiciones cambiantes a lo largo del tiempo, y la rica variedad de espacios que se extienden desde espacios interiores hasta espacios abiertos a través de diversos tipos de espacios semiabiertos (Oktay, D., 2012).

## V. ENTORNO, PLANIFICACIÓN Y SALUD HUMANA

No es suficiente una buena ubicación y adaptación de las edificaciones teniendo en cuenta las condiciones climáticas y ambientales. Se ha de tener en cuenta el acceso a los espacios verdes urbanos, esto está asociado a una serie de beneficios físicos y sociales.

Frente al cambio climático y el crecimiento de la población urbana, los beneficios que brindan los espacios verdes urbanos desempeñan un papel importante para garantizar el bienestar de los habitantes urbanos. Entre sus muchos beneficios ambientales (Phillips, A, et al., 2023).

Los espacios verdes no se pueden considerar como algo suplementario o complementario de la infraestructura urbana.

Los espacios verdes en las ciudades son un componente esencial de la infraestructura urbana y son difícilmente evaluables debido a la amplia variedad de funciones que cumplen y los beneficios que ofrecen tanto a los usuarios como al público en general (Ugolini, F. et al., 2022).

Los beneficios son evaluables y visibles en las personas que, mediante las zonas verdes, las acercamos a la naturaleza y se puede hablar de “dosis de naturaleza”.

Aquellas personas con una mayor orientación hacia la naturaleza tienen mejor salud mental, cohesión social y comportamiento físico (incluso después de tener en cuenta la dosis de naturaleza). Este resultado resalta la importancia de apoyar el desarrollo de una conexión con la naturaleza a lo largo del curso de vida de una persona (Cox, Daniel T.C. et al., 2018).

La calidad urbana parte desde una buena planificación por tanto intervienen muy diversas variables. La calidad de vida urbana es un campo de investigación privilegiado donde la ontología de la “Intensidad de Planificación” podría ser clave para hacer operativo este fenómeno complejo y multifacético, no se ve una limitación de su relevancia solo para este campo. También se sostiene firmemente que sus beneficios se extienden al ámbito más amplio del estudio de los signos empíricos de la prosperidad colectiva, social, económica o incluso estética de los espacios urbanos en general (Debray, H. et al., 2023).

Existen urbes que su entorno o no es el más adecuado o está dañado por motivos diversos será más complicado su restauración y mejora, pero se podrá hacer con una coordinación de tecnologías globales y de acorde con la propia ecología local.

Cuando se vive entornos que han resultado muy dañados, en términos ecológicos, sociales y culturales, en términos

generales, existe una necesidad urgente de un cambio radical hacia un enfoque holístico de la sostenibilidad urbana. planificación/diseño, combinando la sostenibilidad ecológica y sociocultural. Esto exige sensibilidad hacia Urbanismo tradicional e impacto de ideas, prácticas y tecnologías globales en los ámbitos sociales y culturales locales. Prácticas (Oktay, D., 2012).

En las ciudades que se han mejorado se ha logrado alcanzar que sus habitantes se beneficien al máximo de sus zonas verdes para que éstas puedan ejercer el mayor beneficio de la salud de los ciudadanos.

Las personas en barrios densamente urbanizados con una baja dosis de naturaleza tendían a tener peor salud mental y percepciones más bajas de cohesión social, al tiempo que eran menos propensos a tener un comportamiento físico positivo. Sin embargo, estas personas también tenían el potencial de obtener mayores beneficios al realizar visitas más frecuentes a la naturaleza o pasar más tiempo en ella, respectivamente (Cox, Daniel T.C. et al., 2018).

Se ha acercar al ciudadano, en todo lo posible, a las zonas verdes. Utilizar las calles como cordones verdes o conectores. Así se podrá obtener un uso diario de las zonas verdes urbana.

Está surgiendo un nuevo potencial de investigación en el contexto de nuevos datos y nuevas técnicas para medir en profundidad la vegetación de la calle visible y de acceso diario. Aunque algunos estudios han aplicado algoritmos de aprendizaje automático para medir el verde de la calle visible, todavía no se observa una combinación de accesibilidad centrada en el ser humano en la vida cotidiana y el verde de la calle visible (Ye, Y., Richards, D. et al. 2019).

La salud se puede beneficiar a través de las zonas verdes y con ello una mejora de la calidad en la ecología humana en la ciudad.

Dados los numerosos factores que contribuyen a la salud y el costo económico y social de la mala salud, cualquier efecto detectable de la dosis natural tiene el potencial de generar ahorros significativos para la prevención y el tratamiento de la mala salud (Cox, Daniel T.C. et al., 2018).

Es complicado cuantificar los efectos beneficiosos de los espacios verdes en la salud no por ello no se debe de dejar de investigar en ese campo para que los planificadores urbanos puedan realizar eficientemente su trabajo.

El modelo de umbral de efectos fisiológicos en la salud tiene importantes implicaciones teóricas para comprender la compleja relación entre los Espacios Verdes y la salud humana, y proporciona un marco para futuras investigaciones para comprender mejor los mecanismos subyacentes a esta relación.

Los efectos de umbral de beneficios fisiológicos y para la salud de los espacios verdes aún se encuentra en la etapa preliminar y requiere más experimentación e investigación para mejorarlo y validarlo (Yao, X. et al., 2024).

Una de las formas de cómo mejorar la salud humana es la exposición con la naturaleza o sea con los espacios verdes y ahí sí puede intervenir el planificador con la cantidad y situación de los mismos.

La disminución de las experiencias con la naturaleza podría contribuir directamente a estos problemas, dada la amplitud de los resultados de salud y bienestar que se han asociado con la exposición a la naturaleza. Comprender cómo las experiencias de la naturaleza cambian con la urbanización, y cómo esto afecta la salud y el bienestar, es un espacio de conocimiento crítico que ayudará a planificar un futuro cada

vez más urbano (Cox, Daniel T.C. et al., 2018).

No siempre se pueden implantar nuevas zonas verdes o aumentar las existentes debido a un grado de planificación existente que tuviera la urbe.

¿Cómo se configura la ciudad construida? A veces, la forma de la ciudad surge de un proceso totalmente no planificado. En ocasiones, por el contrario, su diseño está sujeto a una operación completamente planificada. Sin embargo, permanecer en esta dicotomía simplista no da crédito a la rica diversidad de procesos urbanos, ya que una ciudad o asentamiento determinado no necesariamente cae fácilmente en las categorías totalmente “planificadas” o totalmente “no planificadas” (Debray, H. et al., 2023).

Existen multitud de factores a los que se enfrentan los planificadores urbanos de las zonas verdes debido a veces a unas necesidades urbanas que se les dan preferencia y quedando a veces las zonas verdes relegadas a lugares pequeños y marginales con escaso valor para ser construidos para viviendas. Si bien los espacios verdes son beneficiosos para la salud humana, el proceso cada vez más intenso de urbanización plantea una presión y amenazas crecientes para los espacios verdes en las ciudades, incluida la disminución de los espacios verdes urbanos y su distribución espacial desigual (Yao, X. et al., 2024).

Las zonas muy urbanizadas tienden a tener niveles reducidos de vegetación, por lo que es probable que la ecologización de estos barrios produzca las mayores mejoras en la percepción de la gente sobre la cohesión social (Cox, Daniel T.C. et al., 2018).

Mediante una buena planificación se puede buscar disponibilidad de tierras e intentar mejoras en la viabilidad urbana y aumentar en lo posible el verde urbano.

Las autoridades de planificación local podrían entonces revisar estas sugerencias con muchas otras consideraciones juntas, por ejemplo, disponibilidad de tierras, densidad de flujo de tráfico, regulaciones de transporte y preocupaciones socioeconómicas, para elegir lugares adecuados para intervenciones de diseño para aumentar la vegetación (Ye, Y., Richards, D. et al. 2019).

La vida moderna, especialmente en las grandes urbes, conlleva un ritmo muy acelerado por tanto se ha de paliar los efectos nocivos para la salud y para ello es muy necesario maximizar los espacios verdes y facilitar su accesibilidad.

Dado que el ritmo acelerado de la vida moderna impone más limitaciones de tiempo en la exposición de las personas en los espacios verdes, se ha hecho necesario estudiar cómo maximizar los beneficios para la salud. Los espacios verdes han surgido como una nueva área de interés en el estudio de la combinación de la ecología urbana y la salud de los residentes, con el potencial de abordar los resultados de salud (Yao, X. et al., 2024).

El entorno circundante a las ciudades es primordial. Las que se encuentra cerca de una naturaleza abundante y con poblaciones rurales cercanas son muy diferentes a aquellas que poseen entornos muy industrializados o muy densificados y con escasas zonas verdes.

La mayoría de las personas deberían poder mantener cierta exposición a la naturaleza. Sin embargo, el panorama social de los entornos urbanos es infinitamente complejo. Comprender las diferencias en las experiencias de la naturaleza entre las poblaciones rurales y urbanas será un paso clave para descubrir exactamente cómo la urbanización

afecta las experiencias de la naturaleza (Cox, Daniel T.C. et al., 2018).

En las urbes altamente densificadas es de vital importancia en relación con el verde urbano su accesibilidad y visibilidad.

Sin embargo, la accesibilidad y la visibilidad de la vegetación urbana no suelen considerarse en las prácticas de planificación urbana, incluso después de que se haya reconocido la importancia de la vegetación urbana a escala humana. Una de las razones principales es que la medición de la vegetación de las calles a nivel de los ojos siempre lleva mucho tiempo y es difícil de lograr. A su vez, la eficiencia y la facilidad de uso son siempre preocupaciones clave para los profesionales de la planificación urbana (Ye, Y., Richards, D. et al. 2019).

El entorno alrededor del hogar es un predictor importante de la dosis de naturaleza, y las personas que viven en áreas más rurales tienden a tener una exposición semanal más frecuente a la naturaleza. La orientación de una persona hacia la naturaleza es un factor clave de la frecuencia y duración de la dosis de naturaleza (Cox, Daniel T.C. et al., 2018).

El planificador urbano ha de tener en cuenta cómo evaluar la cantidad y calidad de la vegetación urbana en cuanto a su escala y situación.

Una vista aérea de la vegetación urbana podría no corresponder necesariamente a la experiencia visual que los residentes urbanos tendrían a nivel del suelo aunque la detección remota permite mapear áreas grandes con relativa rapidez (Ye, Y., Richards, D. et al. 2019).

La adecuada situación de los espacios verdes urbanos cercanos tiene múltiples beneficios y en ocasiones se minusvalora su importancia.

Las personas en pueblos y ciudades tenían un mejor sentido de comunidad cuando había más espacios verdes alrededor de la casa. Esto puede deberse a la mayor disponibilidad de lugares para socializar, facilitando así la vida comunitaria (Cox, Daniel T.C. et al., 2018).

Las zonas verdes son percibidas y valoradas independientemente de sus beneficios según quien las contemple.

Es importante tener en cuenta el comportamiento de los residentes locales que puede considerarse como un estereotipo que no cambia demasiado en la vida cotidiana. Los turistas suelen mirar hacia arriba y hacia abajo cuando caminan en un entorno sin experiencia, pero la vista de los residentes locales generalmente sigue el trazado de la calle y no mira hacia el cielo con frecuencia (Ye, Y., Richards, D. et al. 2019).

Los planificadores del verde urbano han de tener presente que las áreas verdes deben cumplir los máximos objetivos tanto para los residentes como para los que visitan por primera vez la ciudad.

El ángulo de visión actual podría subestimar los beneficios potenciales de los árboles de copa alta en la vegetación a nivel de los ojos. La búsqueda de un ángulo convincente capaz de lograr la mejor representación de la percepción de la gente sobre la vegetación callejera debe considerarse como una dirección de investigación futura mediante la aplicación de estudios de psicología ambiental (Ye, Y., Richards, D. et al. 2019).

## VI. CONCLUSIONES

Hacer un urbanismo sostenible no sólo es tener en cuenta los espacios verdes urbanos, sino también prever futuros espacios verdes urbanos que beneficien a la mayor parte de los ciudadanos.

No sólo hay que dotar de espacios verdes urbanos a la ciudad, también en la planificación urbana se ha de tener en cuenta las preferencias visuales y evitar en lo posibles los impactos visuales negativos

Las ciudades que se vuelven menos compactas, en estas surgen nuevas necesidades e incluso otros estilos de vida que exijan más naturaleza. Incluso aparecen grupos de ciudadanos más exigentes con las zonas verdes.

En un entorno urbano sostenible, las personas deben tener oportunidades para caminar, montar en bicicleta, tener acceso a buenas vías públicas y un transporte acorde con las necesidades de los ciudadanos.

El planificador urbano ha de tener en cuenta cómo evaluar la cantidad y calidad de la vegetación urbana en cuanto a escala y situación.

Los espacios verdes en las ciudades son un componente esencial de la infraestructura urbana y son difícilmente evaluables debido a la amplia variedad de funciones que cumplen y los beneficios que brindan. Por tanto, tienen una función primordial en una ciudad sostenible.

## REFERENCIAS

- Adam R. Swietek, Marius Zumwald, 2023. Visual Capital: Evaluating building-level visual landscape quality at scale. *Landscape and Urban Planning*. Vol. 240.
- Cox, Daniel T.C., Shanahan, Danielle F., Hudson, Hannah L., Fuller, Richard A. y Gaston, Kevin J. (2018). The impact of urbanisation on nature dose and the implications for human health. *Landscape and Urban Planning*. Volume 179.
- Debray, H., Kraff, Nicolas J., Xiao Xiang Zhu, Taubenböck, H. (2023). Planned, unplanned, or in-between? A concept of the intensity of plannedness and its empirical relation to the built urban landscape across the globe. *Landscape and Urban Planning*. Vol. 233.
- Oktay, D. (2012). Urbanismo humano sostenible: En pos de la sostenibilidad ecológica y sociocultural. *Procedia-Ciencias sociales y del comportamiento*, 36, 16-27.
- Phillips, A, Plastara, D., Khan, Ahmed Z., Canters, F., 2023. Integrating public perceptions of proximity and quality in the modelling of urban green space Access. *Landscape and Urban Planning*. Vol. 240.
- Ugolini, F., Massetti, L., Calaza-Martínez, P., Cariñanos, P., Dobbs, C., Krajter Ostoić S., Marin, AM, Pearlmutter, D., Saaroni, H., Šaulienė, I., Vuletić, D., Sanesi G. (2022). Understanding the benefits of public urban green space: How do perceptions vary between professionals and users? *Landscape and Urban Planning*, Vol. 228.
- Yao, X., Yu, Z., Ma, W. Xiong, J. y Yang, G. (2024). Quantifying threshold effects of physiological health benefits in greenspace exposure. *Landscape and Urban Planning*. Volume 241.

# Recursos tecnológicos, Ensino da Matemática e a Geração Alpha

Cristina Dias<sup>1</sup>, Carla Santos<sup>2</sup> and Maria Isabel Borges<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Departamento de Tecnologias

<sup>1,3</sup>Instituto Politécnico de Portalegre

<sup>1,3</sup>Campus Politécnico, 10, 7300 - 555, Portalegre, Portugal

cpsd@ippportalegre.pt; carla.santos@ipbeja.pt; m.i.borges@ippportalegre.pt

**Resumo-** No domínio da educação é crucial reconhecer a influência crescente da Geração *Alpha*. Esta geração, distinta, tem estado imersa em tecnologia desde os primeiros dias de vida, moldando as suas perspetivas e visão do mundo. Há uma escassez de estudos que exploram as diferentes facetas da Geração *Alpha* e, para o efeito, o presente estudo tenta desvendar, contextualizar e compreender a Geração *Alpha* e a sua relação com o ensino da matemática. Assim, é apresentada uma revisão das tecnologias educativas com exemplos de aplicações tecnológicas atuais, utilizadas em diferentes instituições de ensino. São identificadas e analisadas as tecnologias emergentes que estão a ser exploradas pela Geração *Alpha*. O estudo revela um futuro promissor para a Geração *Alpha*, mas com ressalvas, exigindo intervenções atempadas por parte dos professores, instituições de ensino e governo. Estes estudantes exploram amplamente a tecnologia para melhorar e acelerar o processo académico, e promover/desenvolver aptidões e novas competências. O ensino da matemática também adotou as tecnologias digitais, com professores e alunos a implementarem-nas nas suas salas de aula. O artigo fornece uma visão abrangente do potencial e desafios da integração das novas tecnologias no ensino da matemática, abrindo caminho para experiências de aprendizagem inovadoras e inclusivas para a Geração *Alpha*.

**Palavras Chave-** Geração *Alpha*, Educação Matemática, Tecnologias Educacionais

## I. INTRODUCCIÓN

A Geração *Alpha* refere-se a todos aqueles nascidos a partir de 2010. Esta geração segue-se à Geração *Z* e é a primeira a ser totalmente criada no século XXI. À medida que cresce, espera-se que a Geração *Alpha* experiencie um mundo caracterizado por rápidos avanços tecnológicos e normas sociais em evolução. Esta geração caracteriza-se por ser conhecida por "*Tech Alphas*" ou "*iGeneration*" devido à sua exposição e dependência da tecnologia digital desde tenra idade. São vários os desafios desta geração: (a) a dependência digital fruto do tempo excessivo passado perante um ecrã, pode constituir um desafio significativo para a saúde física e mental desta geração; (b) crescer num mundo digital suscita preocupações com a privacidade, uma vez que as suas vidas alvo de constante exposição online; (c) ao testemunharem as alterações climáticas e as questões ambientais, a Geração *Alpha* pode ter preocupações e responsabilidades para enfrentar este tipo de desafios; (d) podem desenvolver problemas de saúde mental relacionados com a utilização das redes sociais e as pressões de um mundo hiperconectado. As cronologias geracionais podem variar consoante a fonte e a região, mas eis uma panorâmica geral dos principais grupos geracionais do século XIX – XXI.

Tabela 1  
CARACTERIZAÇÃO DAS GERAÇÕES DO SÉCULO  
SÉCULO XIX - XXI

Geração	Nascidos entre	Caracterização
Geração Perdida	1883-1900	Esta geração atingiu a maioridade durante a Primeira Guerra Mundial e o período que se seguiu. Marcada pela desilusão e pelo sentimento de perda.
Grande Geração	1901-1927	Esta geração cresceu durante a Grande Depressão e lutou na Segunda Guerra Mundial.
Geração Silenciosa	1928 e 1945	Esta geração é vista como calma e conformista
<i>Baby Boomers</i>	1946-1964	Esta Geração é conhecida como pós-Segunda Guerra Mundial. Tiveram um papel importante nos movimentos culturais das décadas de 1960 e 1970.
Geração X	1965-1980	Esta Geração X cresceu à sombra dos <i>Baby Boomers</i> . Assistiram à ascensão da tecnologia e ao fim da Guerra Fria.
Geração Y ( <i>Millennials</i> )	1981 e 1996	Esta Geração caracteriza-se por ter atingido a maioridade no novo milénio. Cresceram com a Internet, as redes sociais e a ascensão da tecnologia móvel.
Geração Z	1997 e 2010	Esta geração é por vezes designada por "Nativos digitais" porque nunca conheceu um mundo sem <i>Internet</i> e <i>smartphones</i> . São altamente conhecedores de tecnologia e foram moldados pela era digital.
Geração <i>Alpha</i> *	2010-2025	A Geração <i>Alpha</i> (nascida por volta de 2010) é o grupo mais recente e está a crescer numa era de rápidas mudanças tecnológicas e de interconexão global.

Nota: Tabela elaborada a partir dos trabalhos de Brokaw (2005); McCrindle (2009); Carter (2016).

Preparar a Geração *Alpha* para o futuro significa repensar a educação. As escolas devem concentrar-se em competências como o pensamento crítico, a adaptabilidade e a literacia digital. Como nativos digitais, cresceram numa era de *smartphones*, *tablets* e acesso omnipresente à Internet, a Geração *Alpha* é excecionalmente tecnológica (Denoél et al., 2017). A sua educação basear-se-á provavelmente em recursos digitais e tecnologias de aprendizagem adaptativas, esperando-se que seja uma geração mais diversificada e inclusiva do que as gerações anteriores, com maior exposição

a várias culturas e identidades. De facto, a influência da tecnologia tem permeado todos os aspetos da vida quotidiana da Geração *Alpha*, moldando profundamente o seu desenvolvimento. Além disso, a integração da tecnologia melhora as capacidades interpessoais, promove uma melhor interação social e cria um ambiente de aprendizagem eficaz que facilita a aquisição de conceitos matemáticos (Mohamed, 2022).

Existem tecnologias educativas sofisticadas que tem demonstrado inúmeros efeitos positivos, nomeadamente no ensino da matemática, que podem ser reforçadas á medida em que as nações formulem estratégias nacionais da sua implementação nos diferentes níveis de ensino.

Esta revisão da literatura tem por objetivo explorar a integração das Tecnologias Educativas no ensino da matemática para os alunos da Geração *Alpha*, com exemplos de aplicações tecnológicas atuais, utilizadas em diferentes instituições de ensino. São identificadas e analisadas as tecnologias emergentes que estão a ser exploradas pela Geração *Alpha*, examinando abordagens e desafios da sua implementação em sala de aula.

## II. INTEGRAÇÃO DAS TECNOLOGIAS EDUCATIVAS NO ENSINO DA MATEMÁTICA PARA A GERAÇÃO ALPHA

A tecnologia da educação, ou "*ed-tech*", refere-se à introdução de ferramentas de informação e tecnologia no ensino e na aprendizagem. Há muito que a tecnologia educativa é anunciada como uma "disrupção" potencialmente revolucionária para os sistemas escolares (Muralidharan, 2019). Isto deve-se, em parte, às suas vantagens comparativas em relação ao ensino tradicional em sala de aula. Pode, entre outras coisas, aumentar, facilitar o ensino diferenciado, aumentar o envolvimento dos alunos (Marcus, 2020; Ma et al., 2020; He et al., 2020). Os recentes eventos como o novo coronavírus, que causou o encerramento de escolas, afetando mais de 1,5 mil milhões de estudantes em todo o mundo, apenas intensificaram os apelos a uma maior utilização da tecnologia na educação (Mohamed, 2022).

As tecnologias educativas, englobam uma vasta gama de ferramentas e recursos concebidos para melhorar e apoiar o processo de ensino e aprendizagem. Estas tecnologias podem ser aplicadas em vários níveis de ensino, desde o ensino básico e secundário ao ensino superior e até à aprendizagem ao longo da vida. Algumas das principais tecnologias educativas encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2

### TECNOLOGIAS EDUCATIVAS QUE PODEM SER APLICADAS EM VÁRIOS NÍVEIS DE ENSINO

Tecnologias digitais educativas	Tipos	Características
Sistemas de gestão da aprendizagem (LMS)	<i>Moodle</i> , <i>Canvas</i> , <i>Blackboard</i> e <i>Google Classroom</i> . <i>Emails</i> e	São plataformas baseadas na <i>Web</i> que fornecem um núcleo central para a gestão de materiais de cursos,

	<i>WhatsApp</i>	tarefas, debates e avaliações
Plataformas de aprendizagem online	<i>Coursera</i> , <i>edX</i> , <i>Udemy</i> e <i>Khan Academy</i> .	Estas plataformas oferecem cursos online, frequentemente designados por Cursos Online Abertos e Massivos
Aplicações educativas	<i>Duolingo</i> , <i>Quizlet</i> e <i>Khan Academy</i>	Aplicações móveis concebidas para facilitar a aprendizagem e o desenvolvimento de competências em várias matérias e disciplinas.
Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA)	Gamificação: <i>Kahoot!</i> e <i>Minecraft: Education Edition</i>	Estas tecnologias imersivas podem ser utilizadas para criar experiências educativas envolventes e interativas. A RV e a RA podem transportar os alunos para ambientes virtuais e melhorar a compreensão de disciplinas como a ciência, a história e a geografia.
Quadros brancos interactivos e Projetores	<i>Promethean</i> , o <i>SMART</i> e o <i>Microsoft Surface Hub</i>	Estes quadros digitais são utilizados nas salas de aula para apresentar e manipular conteúdos educativos de forma interativa.
Ferramentas de videoconferência	Plataformas como o <i>Zoom</i> e o <i>Microsoft Teams</i>	Estas ferramentas tornaram-se essenciais para a aprendizagem remota e em linha, permitindo salas de aula virtuais, <i>webinars</i> e reuniões.
Recursos Educativos Abertos (REA)	<i>OER Commons</i> e <i>OpenStax</i>	Trata-se de materiais educativos de acesso livre e licenciados abertamente, incluindo manuais escolares, vídeos e outros conteúdos que podem ser utilizados para o ensino e a aprendizagem.
Inteligência Artificial (IA) na educação	<i>ScribeSense</i> e <i>Carnegie Learning</i>	As tecnologias de IA podem fornecer tutoria personalizada, classificação automática e informações sobre o desempenho dos alunos.
E-books e bibliotecas digitais	<i>Kindle</i> , o <i>Project Gutenberg</i> e o	Os manuais digitais e as bibliotecas em linha oferecem um acesso

	<i>Google Books</i>	cómodo e portátil a conteúdos educativos.
Análise da aprendizagem		As instituições de ensino utilizam ferramentas de análise de dados e de análise da aprendizagem para acompanhar o desempenho dos alunos e melhorar os resultados educativos.
Impressão 3D		Esta tecnologia pode ser utilizada no ensino STEM (ciência, tecnologia, engenharia e matemática) para criar modelos físicos e protótipos.
Aprendizagem móvel	smartphones e tablets (e.g., iPad), Computador pessoal (Laptop) ou notebook, internet, Graphing Calculators	A utilização destas ferramentas para a aprendizagem, muitas vezes através de aplicações educativas e sítios Web.
Mathematical Modeling Software	MATLAB, Mathematica e Maple	Software especializado de modelação matemática são essenciais em cursos de matemática avançada e para resolver problemas matemáticos complexos em áreas como a engenharia, a física e a informática.

diffíceis e introduzindo novos tópicos. Isto aumenta a confiança dos alunos e ajuda-os a destacarem-se na matemática (Buchholtz, 2021).

### III. MÉTODO

A pesquisa da literatura aqui apresentada, seguiu as etapas delineadas por Paré & Kitsiou (2017) que incluem a formulação das questões de investigação e do objetivo, a pesquisa da literatura existente, a seleção para inclusão, a avaliação da qualidade dos estudos primários, a extração de dados e a análise de dados. O objetivo é explorar a integração das tecnologias educativas no ensino da matemática para os alunos da Geração *Alpha*. As questões de investigação abordadas são: (1) Como é que as tecnologias educativas devem ser integradas nas salas de aula de matemática para os alunos da Geração *Alpha*? (2) Quais são as diferentes abordagens e métodos de utilização das tecnologias educativas no ensino da matemática. Foi efetuada uma pesquisa no Google utilizando termos específicos como "Geração *Alpha*", "tecnologias educativas no ensino da matemática", "Futuro do ensino da matemática" e "tecnologias educativas no contexto do ensino em Portugal" para pesquisar a literatura existente. O processo de triagem centrou-se em artigos académicos escritos em inglês e português (apenas no contexto de Portugal) entre 2018 e 2022, com pelo menos uma referência à educação matemática. Inicialmente, foram obtidos mais de 3080 artigos, que foram reduzidos a 151 artigos após a aplicação dos critérios da revisão e de removidas as duplicações. A qualidade dos estudos primários foi avaliada, resultando na seleção de 84 artigos académicos alinhados com os objetivos da revisão. Os dados são então codificados e extraídos dos estudos incluídos, a fim de sintetizar os resultados e de esclarecer a sua aplicação na prática, bem como as lacunas ou contradições. Temas alinhados com as questões de investigação foram utilizados para apresentar os resultados.

### IV. ABORDAGEM DAS TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS UTILIZADA NO ENSINO DA MATEMÁTICA PARA AS AMOSTRAS ESTUDADAS

A pesquisa foi efectuada na ScienceDirect, Scopus, Springer Link, Google Scholar, ERIC, JSTOR. Foram utilizados dois termos de pesquisa principais baseados nos nossos tópicos de investigação fundamentais: tecnologias digitais e educação matemática. Compilámos uma lista de sinónimos e termos alternativos com base nos termos de pesquisa mais populares (Tabela 3).

Tabela 3  
SINÓNIMOS E TERMOS ALTERNATIVOS PARA OS PRINCIPAIS TERMOS DE PESQUISA

Tecnologias digitais Eduacionais	Matemática	Tecnologias digitais Eduacionais	Matemática
<i>Internet</i>	Educação matemática	<i>Quizlet</i>	Educação matemática
<i>Zoom</i>	Educação matemática	Gamificação: <i>Kahoot!</i>	Educação matemática
<i>Microsoft</i>	Educação	<i>Minecraft</i>	Educação

As Tecnologias educacionais integradas no ensino da matemática permitem o desenvolvimento de competências e do pensamento crítico para além de despertar um maior sentido de responsabilidade na abordagem da resolução de problemas quotidianos (Buchholtz, 2021). A integração das tecnologias educacionais no ensino da matemática melhora as capacidades interpessoais, promove uma melhor interação social e cria um ambiente de aprendizagem eficaz que facilita a aquisição de conceitos matemáticos (Wu, 2021; World Economic Forum, 2016).

À medida que as escolas formulam estratégias nacionais para a incorporação das tecnologias educacionais, a sua importância do ensino da matemática torna-se cada vez mais evidente. Por exemplo, quando os alunos têm dificuldades com números complexos, o professor pode através de plataformas digitais como a Inteligência Artificial adaptativa pode fornecer explicações personalizadas, ajudas visuais e problemas práticos com base no seu estilo de aprendizagem individual, extraordinariamente, á medida que os alunos melhoram, a plataforma ajusta-se, oferecendo problemas mais

<i>Teams</i>	matemática		<i>(Education Edition)</i>	matemática
<i>Smartphones</i>	Educação matemática		<i>Promethean</i>	Educação matemática
<i>tablets (e.g., iPad)</i>	Educação matemática		<i>Microsoft Surface Hub</i>	Educação matemática
<i>Laptop (computador individual)</i>	Educação matemática		<i>OER Commons</i>	Educação matemática
<i>notebook</i>	Educação matemática		<i>OpenStax</i>	Matemática
<i>Moodle</i>	Educação matemática		<i>ScribeSense</i>	Matemática
<i>Canvas</i>	Matemática		<i>Carnegie Learning</i>	Matemática
<i>Blackboard</i>	Educação matemática		<i>Kindle</i>	Educação matemática
<i>Google Classroom</i>	Educação matemática		<i>Project Gutenberg</i>	Educação matemática
<i>edX</i>	Matemática		<i>edX</i>	Educação matemática
<i>Khan Academy</i>	Matemática		<i>Udemy</i>	Educação matemática
<i>AI</i>	Matemática		<i>Duolingo</i>	Educação matemática

Tabela 4

## CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Publicado entre 2018 e 2021	<2018
Publicações indexadas	Jornais não indexados, jornais de revisão, capítulos de livros, atas de conferências, dissertações de mestrado, prefácios e pareceres.
Língua inglesa e Portuguesa (só Portugal)	Não ser de língua inglesa ou portuguesa
Aplicação específica à matemática ou ao ensino da matemática	Aplicação geral para a aprendizagem profissional (por exemplo, biologia, saúde pública, artes, geografia, Ciências do ambiente e engenharia).

Por fim, as evidências extraídas foram analisadas por meio de agrupamento, resumo, agregação, organização e comparação dos dados. Os temas alinhados com as questões de investigação foram utilizados para apresentar os resultados.

## V. CONCLUSÕES E DISCUSSÃO

Esta revisão da literatura aprofunda a integração das tecnologias educacionais no ensino da matemática para os alunos da Geração Alfa, explorando abordagens, desafios, considerações sobre a sua utilização em sala de aula. A

influência das tecnologias educacionais é generalizada, revolucionando vários aspectos das nossas vidas, e a sua aplicação na educação é cada vez mais crucial (EU, 2019). Mais concretamente, as provas de experiências aleatórias, concebidas para estimar o efeito causal de programas e políticas, sugerem que o simples facto de equipar uma escola ou um aluno com hardware (por exemplo *tablets*, computadores portáteis ou de secretária) tem tido pouco efeito na aprendizagem dos alunos e, nalguns casos, tem desviado os alunos dos trabalhos escolares. Estas tecnologias estão em constante evolução e são frequentemente combinadas para criar ambientes de aprendizagem abrangentes. Como futuros estudantes universitários, os alunos da Geração *Alpha*, esperam que as instituições de ensino tenham uma forte presença online e ofereçam experiências interativas que se coadunem com a sua educação digital (Peter et al., 2023). É provável que:

- Os futuros alunos da Geração *Alpha* sejam mais conhecedores da tecnologia do que as gerações anteriores, porque estão a crescer numa era de tecnologia avançada;
- Tendo nascido num mundo digital, a Geração *Alpha* será digitalmente nativa, o que significa que compreenderá e se adaptará instintivamente às interfaces digitais e à comunicação online;
- Com ritmo da mudança tecnológica exigirá que eles sejam aprendizes ao longo da vida, adaptando-se continuamente a novas habilidades e conhecimentos ao longo de suas vidas;
- A Geração Alfa seja altamente colaborativa e social, com ênfase no trabalho de equipa, tanto nas salas de aula tradicionais como online;
- A sua educação pode promover competências empresariais, permitindo-lhes identificar oportunidades, tomar iniciativas e inovar;

## Desafios:

- Com acesso a grandes quantidades de informação, podem enfrentar desafios relacionados com a sobrecarga de informação e a capacidade de avaliar criticamente as fontes;
- Tendo crescido numa era de violações de dados e vigilância, podem ser mais cautelosos em relação à privacidade online;
- É provável que experimentem uma mistura de ensino tradicional em sala de aula e modelos de aprendizagem online ou híbrido;
- Os estudantes da Geração Alfa trabalharão lado a lado e interagirão com os sistemas de IA, o que terá impacto nas suas experiências de aprendizagem e carreiras futuras;

É essencial reconhecer que, embora estas características forneçam alguma informação sobre os potenciais traços dos estudantes da Geração Alfa, não são universalmente aplicáveis. As diferenças individuais continuarão a desempenhar um papel significativo na formação da personalidade, competências e atitudes de cada aluno. Além disso, fatores externos como as condições económicas, os acontecimentos geopolíticos e as mudanças sociais influenciarão as experiências e os comportamentos desta geração.

## REFERENCIAS

- [1] Buchholtz, N. Modelling and mobile learning with math trails, in *Mathematical Modelling Education in East and West*. eds. F. K. S. Leung, G. A. Stillman, G. Kaiser and K. L. Wong (Germany: Springer), 331–340, 2021.
- [2] Denoél, E., Dorn, E., Goodman, A., Hiltunen, J., Krawitz, M., & Mourshed, M. Drivers of student performance: Insights from Europe. 2019-10-19, 2017. <https://www.mckinsey.com/industries/social-sector/our-insights/drivers-of-studentperformance-insights-from-europe>
- [3] Carter, C. M. The Complete Guide To Generation Alpha, The Children Of Millennials. (2016, December 21). Forbes. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/christinecarter/2016/12/21/the-complete-guide-to-generation-alpha-the-children-of-millennials/#49b12e303623>
- [4] EU. Second survey of schools: ICT in education. Retrieved September 15, 2019, from <https://ec.europa.eu/digitalsingle-market/en/news/2nd-survey-schools-ict-education>
- [5] McCrindle, Mark, et al. *The ABC of XYZ: Understanding the Global Generations*. UNSW Press, 2009.
- [6] Mohamed, M. Z. b., Hidayat, R., Suhaizi, N. N. b., Sabri, N. b. M., Mahmud, M. K. H. b., & Baharuddin, S. N. B. Artificial intelligence in mathematics education: A systematic literature review. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 17(3), 2022. em0694. <https://doi.org/10.29333/iejme/12132>
- [7] Muralidharan, K., & Singh, A. Improving school productivity through computer-aided instruction: Experimental evidence from Rajasthan. Unpublished manuscript. University of California, San Diego. San Diego, CA, 2019.
- [8] OCDE. PISA 2018 results: What students know and can do (Volume I). Paris, France: Organization for Economic Cooperation and Development (OCDE), 2019.
- [9] Paré, G., & Kitsiou, S. Chapter 9: Methods for Literature Reviews. In F. Lau & C. Kuziemy (Eds.), *Handbook of Health Evaluation: An Evidence-based Approach* [Internet], 2017. Victoria (BC): University of Victoria. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK481583/>

# Contributo de um MOOC para a promoção da Literacia Estatística

Carla Santos<sup>1,3</sup>, Cristina Dias<sup>2,3</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Politécnico de Beja, Campus IPBeja, Portugal

<sup>2</sup>Instituto Politécnico de Portalegre, Campus Politécnico, Portugal

<sup>3</sup>NOVAMATH – Centro de Matemática e Aplicações – FCT – Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
carla.santos@ipbeja.pt, cpsd@ippportalegre.pt.

**Resumo-** O exercício de uma cidadania informada e participativa no séc. XXI exige variadas competências, entre as quais as da literacia estatística. As recomendações para o estudo da Estatística advertem para a necessidade de distanciamento da aplicação rotineira de algoritmos, e redirecionamento para compreensão funcional dos métodos estatísticos, contudo, inúmeras investigações vêm identificando lacunas relevantes na literacia estatística dos indivíduos, mesmo entre estudantes do ensino superior e profissionais com elevados graus de escolaridade. Perante a urgência da promoção da literacia Estatística, e a oportunidade que os MOOC (*Massive Open Online Courses*) proporcionam, importa refletir sobre o contributo dos MOOC na promoção da literacia estatística. A análise do MOOC *Introduction to Statistics*, selecionado por apresentar conteúdos relacionados com as competências próprias da literacia estatística, revelou que este não proporciona verdadeiras oportunidades de estímulo da capacidade crítica, da reflexão, da interpretação contextualizada e do raciocínio e pensamento estatísticos.

**Palavras-Chave-** Cidadania, Cursos online, Introdução à Estatística

## I. INTRODUÇÃO

No Séc. XXI os dados estatísticos e as manifestações estatísticas estão presentes em todos os domínios da vida dos indivíduos, independentemente da sua idade, escolaridade ou atividade profissional. Pela crescente importância que a Estatística vem assumindo nas mais diversas áreas do conhecimento, pelo impacto que a informação de cariz estatístico tem na vida quotidiana, e pela influência que essa informação tem na perceção que os indivíduos têm do mundo que os rodeia, a promoção da literacia estatística estabeleceu-se como um dos desígnios da formação base dos cidadãos. A necessidade e urgência da literacia estatística tem estado bem patente nas recomendações dos programas escolares da disciplina de Matemática (onde se enquadra o estudo da Estatística), desde os primeiros anos de escolaridade, no entanto persiste um desfasamento entre as competências trabalhadas nessa disciplina e as competências críticas da literacia estatística. Na abordagem que é feita aos conteúdos de Estatística continua a ser dada ênfase à componente matemática das técnicas estatísticas, com aplicação rotineira de algoritmos, em detrimento da compreensão funcional dos conceitos, ferramentas e métodos estatísticos. As consequências dessa abordagem têm sido investigadas em estudos a nível internacional, com alunos de diferentes graus de escolaridade, com conclusões que apontam para a urgência de reforçar a literacia estatística em todos os graus

de escolaridade, por terem sido detetadas lacunas relevantes nas competências próprias da literacia estatística, mesmo entre estudantes do ensino superior e profissionais com elevados graus de escolaridade.

Perante a comprovada insuficiência da abordagem tradicional ao estudo da Estatística, em meio escolar, para a promoção da literacia Estatística, a oportunidade proporcionada pelos MOOC (Cursos Abertos Massivos e Online, do inglês, Massive Open Online Courses) poderá, potencialmente, constituir-se como um complemento à preparação proporcionada pelo estudo da Estatística no ensino pré-superior.

Interessando-nos refletir sobre qual poderá ser o contributo dos MOOC na promoção da literacia estatística, o nosso estudo incidiu sobre um MOOC disponibilizado por uma das mais importantes plataformas de cursos online, a Coursera, escolhida atendendo a que esta plataforma possui parcerias com algumas das principais universidades do mundo, como Harvard, Stanford, Cambridge, etc, e que muitos dos seus cursos são gratuitos.

Considerando que as competências próprias da literacia estatística têm maior afinidade com os conceitos e métodos básicos da Estatística do que com métodos avançados, a escolha focou-se em MOOC que abordam as bases fundamentais da Estatística. O MOOC selecionado para avaliação neste trabalho, cujo título é *Introduction to Statistics*, apresenta conteúdos diversos, desde os conceitos mais elementares da estatística descritiva e amostragem até à análise de variância e outros.

O denominador comum das diversas definições de literacia estatística aponta para a posse de competências que permitam que os indivíduos lidem com a informação estatística do seu quotidiano de forma informada, crítica e útil. Foi com base nesta premissa que avaliamos o conteúdo do MOOC que selecionamos para análise neste trabalho.

## II. URGÊNCIA E OPORTUNIDADE DE REFORÇO DAS COMPETÊNCIAS DA LITERACIA ESTATÍSTICA

São diversas as definições de literacia estatística presentes na literatura. Inspirados em algumas das mais relevantes, propostas por [1], [2] e [3], consideramos que dotar os indivíduos das competências próprias da literacia estatística consiste em capacitá-los para a compreensão e uso da linguagem e métodos estatísticos, em particular, para o entendimento dos termos estatísticos básicos, dos símbolos estatísticos, e das diferentes representações de dados

necessários para lidar com os dados e a informação estatística de forma informada, crítica e útil.

Com a inclusão do estudo da Estatística em vários momentos do percurso escolar seria de esperar que à entrada no Ensino Superior os indivíduos fossem estatisticamente literados e possuíssem sólidas bases em Estatística. A literatura descreve, no entanto, um cenário bem diferente [4], revelando que a abordagem que é feita aos conteúdos de Estatística nas aulas de Matemática, no Ensino Básico e Secundário, não vai de encontro às recomendações para um estudo da Estatística, restringindo-se, quase exclusivamente, a aplicações rotineiras de algoritmos (p.e. [5]), o que resulta em estudantes com graves lacunas na sua literacia estatística e incapazes de avaliar criticamente a informação estatística com que se deparam, e de usá-la para compreender melhor o mundo que os rodeia ([6], [7]). Tal como defendido por vários autores, como, por exemplo [8], [9], o estudo da Estatística baseado apenas nos seus princípios gerais é ineficaz para a promoção da literacia estatística, por apresentar limitações na transferência de competências e não proporcionar oportunidades de familiarização com questões críticas.

Para além da evidente repercussão que a reduzida literacia estatística tem nos mais diversos âmbitos da vida quotidiana dos indivíduos, prejudicando o exercício de uma cidadania informada e activa, as debilidades nas competências base em Estatística comprometem a capacitação para o estudo de métodos estatísticos mais avançados (p.e. [10]).

Estudos focados na literacia estatística dos estudantes, do ensino básico, secundário e superior, mais precisamente interessados nos fatores que condicionam o desenvolvimento da literacia estatística, apontam para várias influências associadas ao ambiente de aprendizagem, à atitude dos alunos, ao conhecimento prévio dos alunos e ao método de ensino ([11], [12], [13], [14]). De acordo com estes estudo, o recurso a metodologias de ensino centradas no aluno são uma mais valia para o fortalecimento da literacia estatística dos estudantes, em particular a aprendizagem PBL (aprendizagem baseada em projetos). Outra conclusão relevante indica o ensino presencial “tradicional” como sendo preferível às aulas virtuais ou invertidas, contribuindo de forma mais acentuada para a melhoria da literacia estatística dos estudantes.

Tomando consciência das lacunas na sua literacia estatística, os indivíduos poderão pretender aprimorar as suas competências autonomamente. Pelo alcance, disseminação, e carácter aberto e assíncrono, os MOOC (Cursos Abertos Massivos e Online, do inglês, Massive Open Online Courses) apresentam-se, à partida, como uma boa opção, proporcionando recursos que lhes possibilitem o estudo dos conteúdos de interesse.

### III. O MOOC *INTRODUCTION TO STATISTICS*

Os MOOC constituem formações pensadas, estruturadas e organizadas de forma a proporcionarem uma oportunidade de promoção de aprendizagens e desenvolvimento de conhecimentos (Course), que possam ser frequentadas por qualquer pessoa com as condições necessárias em termos de infraestrutura (Open), potencialmente como parte de uma vasta audiência (Massive), e que recorre à internet para acomodação dos conteúdos, materiais de estudo, propostas de

atividades, avaliações e interações entre os intervenientes (Online) [15].

De acordo com [16], [17] os MOOC não preveem, normalmente, pré-requisitos, ainda que sejam frequentemente destinados a formação preparatória para o ensino superior ou complemento às aulas presenciais.

Para [18], um MOOC deve acautelar a heterogeneidade das competências prévias dos estudantes, cativar os alunos, proporcionar uma aprendizagem significativa, avaliar os conhecimentos adquiridos, e prever apoio que possa colmatar a inexistência de um tutor. Em particular, pretendendo contribuir para o reforço das competências da literacia estatística, O MOOC deve envolver abordagens que enriqueçam as experiências anteriores no estudo da Estatística, incidindo na interpretação, avaliação crítica e comunicação de informação estatística.

Considerando o objetivo deste trabalho e a afinidade entre as competências próprias da literacia estatística e os conceitos e métodos básicos da Estatística, a pesquisa de cursos na área da Estatística na plataforma de cursos online Coursera foi direcionada para cursos introdutórios de Estatística. De entre os resultados apresentados, a escolha recaiu sobre o MOOC “Introduction to Statistics”, por ser o primeiro curso gratuito na listagem de “melhor correspondência” (Figura 1).

O curso está estruturado em 12 módulos, cujos conteúdos são, entre outros, a Estatística Descritiva, a Amostragem, ou a Análise de variância. Considerando os objetivos deste trabalho, focámo-nos nos dois primeiros módulos, por envolverem conteúdos passíveis de trabalhar as competências

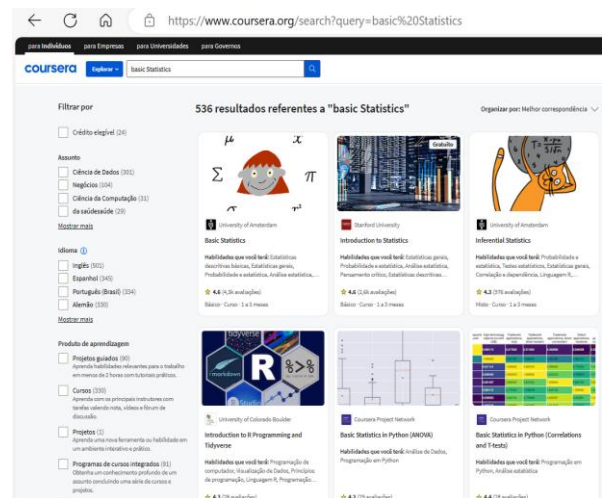


Fig. 1. Resultados da pesquisa na plataforma Coursera

próprias da literacia estatística.

Os conteúdos e recursos de cada um destes dois módulos são:

Módulo 1 – Introdução e Estatística Descritiva para Exploração de Dados

Conteúdos: Revisão das principais ferramentas utilizadas em estatística descritiva para visualizar informações;

Recursos: Vídeo (28 minutos) + Apontamentos (PDF: 21 pág.) + Quiz.

Módulo 2 – Produção de Dados e Amostragem

Conteúdos: Principais conceitos para amostragem e planeamento experimental;



lms.nau.edu.pt/assets/  
courseware/v1/f917908fb34373ac61b295bd15eb3199/asset-  
v1:DGE+PRO DC+2020\_T2+  
type@asset+block/MOD1.1\_MOOC\_Conceito.pdf, 2018.

- [16] D. Y. Jacobsen "Dropping out or dropping in? A connectivist approach to understanding participants' strategies in an e-learning MOOC pilot". *Technology, Knowledge and Learning*, vol. 24, n.1, pp. 1-21, 2019.
- [17] D. Koller, A. Ng, C. Do, Z. Chen "Retention and intention in Massive Open Online Courses: In depth [Web log post]". Disponível em: [educaus.e.edu/ero/article/retention-and-intention-massive-open-onlinecourses-depth-0](http://educaus.e.edu/ero/article/retention-and-intention-massive-open-onlinecourses-depth-0), 2013,
- [18] D. Pratt, G. Griffiths, D. Jennings, S. Schmoller "A MOOC for Adult Learners of Mathematics and Statistics: Tensions and Compromises in Design". *Topics and Trends in Current Statistics Education Research: International Perspectives*, pp. 351-371, 2019.

# OliBoTIC: Autonomous Remote Sensing Applied to Olive Tree Status Assessment

Miguel Noguera<sup>1\*</sup>, Borja Millán<sup>2</sup>, Rocio Moro<sup>1</sup>, and José Manuel Andújar<sup>1</sup>

1-Centro de Investigación en Tecnología, Energía y Sostenibilidad (CITES), Universidad de Huelva, La Rábida, Palos de la Frontera, 21819 Huelva, Spain

2- Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y de Sistemas, Universidad de Oviedo, C/ Pedro Puig Adam, 33203 Gijón, Spain

miguel.noguera@diesia.uhu.es \*, borja.millan@diesia.uhu.es, rocio.moro008@alu.uhu.es, andujar@diesia.uhu.es

**Resumen-** Olive cultivation is a vital economic sector in Spain and southern Europe, but its long-term sustainability is in jeopardy due to low productivity, decreasing profitability, and environmental concerns. These issues stem from outdated management practices that rely on human visual estimation, particularly for physiological status prediction, resulting in an inadequate use of agronomical inputs.

To address these challenges, the OliBoTIC project proposes an automated system that integrates advanced technologies like artificial vision, spectral and LiDAR sensors, and ground robots. This system aims to provide accurate and early information about the physiological status of the orchard. For it, the robotic platform autonomously explores the field, processing spectral data for plant status assessment. The results are visually presented using false-colour maps, aiding in more effective orchard management. Thus, OliBoTIC seeks to enhance the sustainability and efficiency of olive cultivation, especially in the face of unpredictable climatic conditions, ultimately benefiting both producers and consumers in this economically significant sector.

**Palabras Clave-** robot, olive, spectral, neural network

## I. INTRODUCTION

Olive cultivation and its associated market is an outstanding economic engine for Spain and southern Europe, as only Spain, Portugal, Italy, and Greece generated 62% of the total amount of worldwide olive production in 2017. Long-term sustainability of olive cultivation is in question due to low productivity, rentability decreasing and the evidence of the environmental impact. In the last decades, the olive sector has carried out actions in order to confront these issues. A good example is the establishment of new cultivation systems, like super-intensive olive orchards. This planting systems are characterized by extremely high planting density (> 1500 trees/ha). The distinguishing feature of these cultivation systems lies in the organization and configuration of the trees. They are typically set in rectangular patterns, spaced at 1-1.5 x 3-3.5 meters, and trained to develop into continuous hedgerows, thus forming a two-dimensional (2D) tree shape, which contrasts with the traditional three-dimensional (3D) tree forms. This cultivation system prioritizes the productivity of the land unit or the population of trees within the orchard system over the high fruit yields that individual trees may produce. One of the primary benefits of super-intensive plantings is the ability to conduct olive pruning and harvesting through fully mechanized continuous systems, significantly reducing the time required for these management practices [1]. Furthermore, this approach entails reducing the need for

manual labour, which is significant for cost savings. This becomes even more crucial in a context characterized by the difficulty of finding specialized labour due to the gradual depopulation of rural areas. Thus, super-intensive olive orchards offer several advantages that enhance their profitability. Nevertheless, the high tree density per unit area leads to an increased overall evaporative demand for the entire crop, so the requirements for agricultural inputs (water, and fertilizers) by the crop increase. For these reasons, to accomplish precise fertirrigation programs take on a greater importance. Super-intensive olive orchards often are typically backed by standardized cultivation protocols that streamline their management. Nevertheless, these protocols treated the field as uniform surfaces, overlooking spatial variability. As a result, there is often an inefficient allocation of agronomic resources, which encompasses economical loss, and environmental damages. The lacks in the current olive management strategies stem from the deficiencies in traditional methods of estimating parameters crucial for effective crop management. So, there is room for improve the olive management paradigm. In this regard, precision farming has emerged as a promising solution. Precision farming is an agricultural management approach specifically developed to analyse spatial and temporal fluctuations within an agroecosystem. It leverages a variety of technologies and methodologies to implement location-specific treatments for optimized crop management. Therefore, in contrast to the conventional approach of uniform resource application in agronomic management, precision farming strives to allocate resources to plants based on their individual requirements in a segmented fashion. The main advantages of implementing this practice encompass optimized input usage, reduced environmental impact, enhanced crop yields, and improved product quality [2].

One of the most important agronomic practices that need to be tuned depending on the type of cropping is fertilization [3]. The traditional methodologies for nutritional status assessment are impractical for precision farming, as it requires extensive sample preparation, expert workers, and advanced laboratory facilities. All these factors lead to a high cost. These limitations restrict the number of sample points growers can consider, resulting in low spatial resolution in the monitoring process. On the other hand, the aforementioned limitations also curtail the frequency of sampling campaigns that growers can conduct throughout the season, resulting in a reduced temporal resolution. In order to

confront these challenges, the OliBoTIC project proposes the development of a system prototype, aimed at providing olive producers with an automated tool, targeted at producing accurate and early information about nutritional status of the different areas of the orchard. Specifically, the system integrates advanced artificial-vision, spectral and LiDAR sensor with ground robotic systems to build a solution able to generate accurate spatiotemporal information of the orchards. Thus, OliBoTIC will be comprised of:

- A ground vehicle able to autonomously explore the orchard taking georeferenced data from a lateral view of the olive trees.
- A set of data processing algorithms to process spectral information and estimate plant status.
- A software to express results as illustrated false colour maps, graphically representing the status of the orchard in terms of physiological status.

## II. EXPERIMENTAL LAYOUT

The development of estimation models by means of sensor acquired information require a data set of the target variable with a wide range, so that the possible range in real conditions is represented. One objective of OliBoTIC is to develop data processing algorithms to process spectral information and estimate plant status, and concretely plant nutritional status. Thus, the initial phase of the project relies on the intervention of the fertirrigation program of the experimental field to obtain olives with a wide range of nutritional levels for the 10 principal elements. For this purpose, three fertirrigation treatments were defined and each of them were applicated in three consecutive rows of an experimental superintensive olive orchard (*Olea europaea* L., cv. Arbequina). The first treatment consisted of keep the plants under rain feed conditions, that means without water or fertilizers contribution. The second treatment consisted of the application of a normal fertirrigation program, following the recommended application doses of fertilizers in a commercial context. Finally, a third treatment involves two-fold of the application doses of the second treatment. These treatments were kept during a whole vegetative cycle, from the previous harvest until the following. After the olive trees have assimilated the treatments, a pool of 120 sample points was established across the experimental field. The Fig. 1 illustrate the distribution of the sample points in the experimental field. These points are sampled to determine their actual nutritional status regarding the 10 principal elements using standard chemical methods.

The same day of the sample collection, the developed robot was used to cover the entire experimental field (Fig. 2). The proposed robotic platform is equipped with an artificial vision system, which allows it to capture detailed visual information. Further, it equips two lidar systems that provides two-dimensional and three-dimensional information of the environment and the structure of the canopy, improving its navigation capabilities. Additionally, the robot equips a MicaSense RedEdge-M™ (MicaSense, Inc., Seattle, WA, USA) multispectral camera. It comprises five CMOS sensors, each of them equipped band-pass filters. These filters that enable each sensor to detect specific narrow bands within the visible spectrum (VIS), which includes the blue, green, red, red-edge, and near-infrared (NIR) bands. All five sensors have a resolution of 1280 x 960 pixels, making them



Fig. 4. Distribution of the sample points in the experimental field.

capable of capturing high-resolution data in each spectral band. The camera is mounted on a 3D printed framework, which allows to adjust the capturing region.

The robotic platform is capable of autonomously exploring the field by obtaining georeferenced spectral images from a side view of the olives. At the beginning of each row, a known reflectance surface (53%) (Labsphere, Inc, North Sutton, NH, USA) were placed approximately at shoulder height. The images of that surface are used as a reference for normalizing the spectral data obtained from the



Fig. 5. Robotic platform during a field inspection.

olive trees.

## III. METHODOLOGY FOR IMAGE PROCESSING AND MODEL DEVELOPMENT

Fig. 3 summarizes the different steps of the proposed methodology to estimate the nutritional status of olive trees from spectral images acquired by the robotic platform. The georeferencing of the images is a crucial feature in the process. It allows the spectral images acquired by the robotic platform to be accurately matched to the specific sample points within the experimental field. This georeferencing ensures that the collected spectral data corresponds to the right locations in the field. Once selected, the images are processed to discard background information, which allows for the removal of counterproductive noise to extract biophysical features of the olive canopy. After that, a region of interest (ROI) including a representative fraction of the canopy of the sampled tree is extracted from the respective processed image. The spectral information contained in all the pixels of that ROI is averaged and normalized based on

the images of the known reflectance surface of the respective row.

- [2] E. Roma and P. Catania, "Precision Oliviculture: Research Topics, Challenges, and Opportunities—A Review," *Remote Sens.*, vol. 14, no. 7, p. 1668, Mar. 2022.

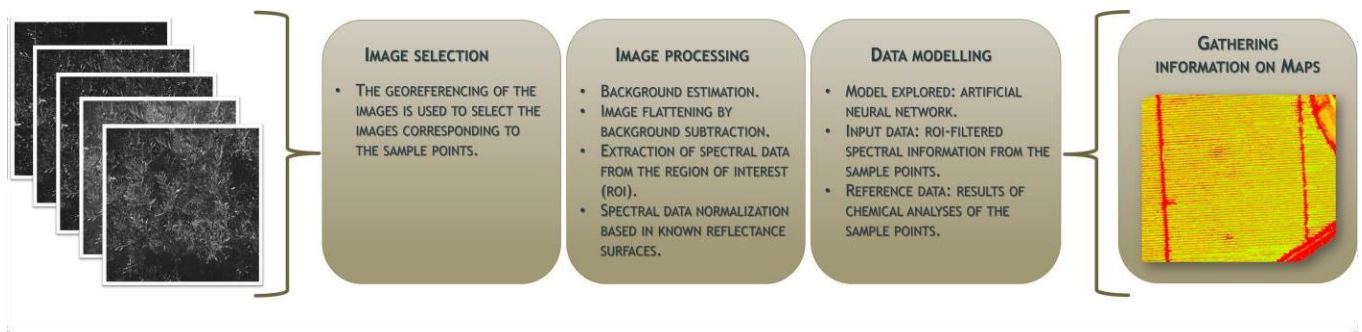


Fig. 3. Summarized diagram of the methodology for estimating the nutritional status of olive orchards from multispectral images acquired by the robotic platform.

The corrected reflectance of the five bands captured by the sensor is used as predictors to develop estimation models of the levels for the 10 principal elements. Previous research has demonstrated the correlation between canopy spectral reflectance and the nutritional status of olive trees [4]–[6]. Traditionally, the most popular method for modelling spectral data has been partial least squares regression. However, more recently, machine learning methods have demonstrated promising performances [7]. In this research, the chemometric method used for spectral data modelling is an Artificial Neural Network (ANN) concretely, a two-layer perceptron algorithm with back propagation. Previous research has demonstrated the suitability of ANN models for defining the intricate nonlinear relationships that normally exist between canopy-level spectral signatures and the nutritional status of olive trees [8]. Finally, the last step of the proposed methodology involves gathering and presenting the inferred information on maps to ease its interpretation.

- [3] L. Barranco Navero, Diego, Fernandez Escobar, Ricardo, Rallo Romero, *El cultivo del olivo*, 7a ed. Madrid: Mundi-Prensa Libros, 2017.
- [4] M. T. Gómez-Casero, F. López-Granados, J. M. Peña-Barragán, M. Jurado-Expósito, L. García-Torres, and R. Fernández-Escobar, "Assessing nitrogen and potassium deficiencies in olive orchards through discriminant analysis of hyperspectral data," *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, vol. 132, no. 5, pp. 611–618, Sep. 2007.
- [5] J. Rubio-Delgado, Carlos, J. Pérez, M. A. Vega-Rodríguez, and J. Es, "Predicting leaf nitrogen content in olive trees using hyperspectral data for precision agriculture," vol. 22, pp. 1–21, 2020.
- [6] N. Rotbart et al., "Estimating olive leaf nitrogen concentration using visible and near-infrared spectral reflectance," *Biosyst. Eng.*, vol. 114, no. 4, pp. 426–434, Apr. 2013.
- [7] J. Verrelst et al., "Quantifying Vegetation Biophysical Variables from Imaging Spectroscopy Data: A Review on Retrieval Methods," *Surv. Geophys.*, vol. 40, no. 3, pp. 589–629, May 2019.
- [8] M. Noguera et al., "Nutritional status assessment of olive crops by means of the analysis and modelling of multispectral images taken with UAVs," *Biosyst. Eng.*, vol. 211, pp. 1–18, Nov. 2021.

#### IV. CONCLUSIONS

OliBoTIC aims to enhance the profitability and sustainability of olive cultivation by improving the tools and resources for managing olive crops in accordance with the precision farming paradigm. Specifically, optimizing fertilizer use in line with the plant's requirements would result in cost savings for growers through a reduction in the overall applied doses. Furthermore, it would also reduce environmental impact, alleviating pressure on the environment. For this purpose, the autonomous nature of the robotic platform is crucial, as it allows for covering large field extensions without human supervision. This involves achieving a high spatiotemporal resolution in the assessment of the nutritional status of olive plants, making it possible to define precision farming fertirrigation programs.

At present, the OliBoTIC project is still in the experimental phase.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by grant PID2020-119217RA-I00, funded by the Spanish Ministry of Science, Innovation, and Universities (MCIN/AEI/10.13039/501100011033).

#### REFERENCES

- [1] R. Lo Bianco, P. Proietti, L. Regni, and T. Caruso, "Planting Systems for Modern Olive Growing: Strengths and Weaknesses," *Agric.* 2021, Vol. 11, Page 494, vol. 11, no. 6, p. 494, May 2021.

# OliBoTIC: A Robotic Platform for Autonomous and Remote Sensing Applied to Olive Growing

Rocío Moro<sup>1\*</sup>, Borja Millán<sup>2</sup>, Miguel Noguera<sup>1</sup>, and José Manuel Andújar<sup>1</sup>

1-Centro de Investigación en Tecnología, Energía y Sostenibilidad (CITES), Universidad de Huelva, La Rábida, Palos de la Frontera, 21819 Huelva, Spain.

2- Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y de Sistemas, Universidad de Oviedo, C/ Pedro Puig Adam, 33203 Gijón, Spain

rocio.moro008@alu.uhu.es\*, borja.millan@diesia.uhu.es, miguel.noguera@diesia.uhu.es, andujar@diesia.uhu.es

**Resumen-** The landscape of modern agriculture is evolving rapidly, and precision agriculture emerges as a pivotal solution to address the intricate challenges faced by olive producers. At the forefront of this transformation is the OliBoTIC project, a visionary initiative designed to create a prototype system that empowers olive producers with real-time, accurate information about the nutritional status of their orchards. This article delves into the multifaceted components, experimental layout, methodology, and promising outcomes of the OliBoTIC project, with a specific focus on its innovative robotic platform.

**Palabras Clave-** precision agriculture, robotic platform, spectral sensor, LiDAR technology, olive orchards

## I. INTRODUCTION

Olive production, particularly in super-intensive groves, demands a paradigm shift towards more efficient, data-driven approaches. The OliBoTIC project signifies this shift, aiming to develop a cutting-edge prototype system that not only optimizes costs but also reduces the industry's reliance on manual labour. By combining technology and agriculture, OliBoTIC pioneers a transformative journey in precision farming. This article describes the robotic components of the OliBoTIC project, emphasizing the role of its robotic platform in reshaping olive production.

## II. COMPONENTS

The core of the OliBoTIC project lies in the deliberate selection of the robotic platform -the Robotnik Summit-XL. This outdoor vehicle, equipped with rubber wheels, forms the mobile nucleus of the system. Its dimensions, load-bearing capacity, and maximum range make it an ideal candidate for navigating the challenging terrain of olive orchards. The strategic incorporation of advanced sensors, including real-time computer vision, spectral sensors, and LiDAR technology, positions the robotic platform as a sophisticated data acquisition tool. This combination facilitates not only detailed visual information capture but also the precise assessment of olive tree conditions and the environment.



Fig. 6. Summit-XL.

## III. EXPERIMENTAL LAYOUT

The experimental layout of the OliBoTIC project extends far beyond the mere physical attributes of the robotic platform, integrating cutting-edge technologies. Central to his layout is the strategic fusion of the Robotnik Summit-XL with advanced navigation and control systems, positioning it as a dynamic and adaptive entity within the olive orchards. The deliberate choice of the Robotnik Summit-XL, with its rugged design and rubber wheels, underscores its suitability for navigating the challenging terrain inherent to olive groves. This outdoor vehicle serves as the mobile nucleus of the system, ensuring its ability to traverse diverse landscapes with ease.

Moreover, the integration of advanced navigation and control systems empowers the robotic platform with a level of autonomy crucial for real-time decision-making and adaptability to the ever-changing environmental conditions of the olive orchards. The collaboration between the robotic platform and these systems establishes a seamless feedback loop, facilitating obstacle avoidance and dynamic path planning. This not only enhances the operational efficiency of the OliBoTIC project, but also ensures that the robotic platform can navigate the orchards with precision, collecting valuable data in real-time.

An additional layer of sophistication is introduced through the incorporation of computer vision, spectral sensors, and LiDAR technology into the experimental layout. These sensors contribute to a comprehensive understanding

of the orchard landscape by capturing intricate visual details and providing crucial data on the nutritional status of the olives trees and the surrounding environment. The orchestrated combination of these technologies allows the OliBoTIC project to transcend the conventional boundaries of orchard management, offering a nuanced and real-time analysis that is indispensable for informed decision-making in precision agriculture.

In essence, the experimental layout of the OliBoTIC project serves as the canvas upon which a symphony of technologies converges. From the deliberate selection of the robotic platform to the strategic integration of navigation systems and advanced sensors, every element is meticulously orchestrated to create a cohesive and adaptable system. This layout not only sets the stage for the autonomous exploration of olive orchards but also positions OliBoTIC as a pioneering initiative at the forefront of reshaping how precision agriculture is approached in the cultivation of olive trees.

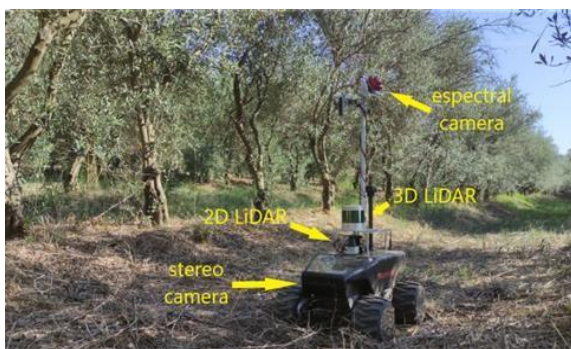


Fig. 2. External components of Summit-XL.

#### IV. METHODOLOGY

The journey of the robotic platform within the OliBoTIC project has yielded significant milestones, marked by a phased approach to control and navigation. Initially, the control of the Robotnik Summit-XL involved creating detailed maps using the Human-Machine Interface (HMI) provided by Robotnik. These maps, visualized and analysed using ROS applications like RViz, allowed for a comprehensive understanding of the orchard layout, and facilitated strategic decision-making during the robotic platform's autonomous exploration.

As the project progressed, a significant advancement was achieved in the control mechanism. The integration of the robot with the global positioning system (GPS) became a key focus. Leveraging ROS packages, particularly the `robotnik_move_base_flex`, the OliBoTIC project transitioned to a GPS-based control system. This evolution allowed the robotic platform to navigate olive orchards with a higher degree of accuracy and autonomy, responding dynamically to real-time changes in the field.

The transition to GPS-based control has proven instrumental in enhancing the efficiency and adaptability of the robotic platform. The utilization of the `robotnik_move_base_flex` package enables the Robotnik Summit-XL to receive and process GPS signals, empowering it to make informed decisions regarding path planning, obstacle avoidance, and overall navigation within the orchard environment. This integration not only streamlines the operational workflow but also contributes to the precision and reliability of data acquisition.

Moreover, this GPS-driven control system has opened avenues for seamless coordination between the robotic platform and other precision agriculture technologies, ensuring a holistic and synchronized approach to orchard management. The real-time feedback loop established through GPS enhances the responsiveness of the robotic platform, allowing it to dynamically adjust its trajectory based on the georeferenced data collected during its exploration.

In essence, the methodology of the OliBoTIC project a project reflects a progressive integration of control systems, starting from manual mapping and visualization to the sophisticated utilization of GPS-based control through the `robotnik_move_base_flex` package. This methodological evolution underscores the project's commitment to staying at the forefront of technological advancements, ultimately contributing to the efficiency, accuracy, and autonomy of olive orchard management through the innovative use of robotic platforms in precision agriculture.



Fig. 3. Summit-XL in experimentation.

#### V. CONCLUSIONS

In summary, the OliBoTIC project represents a groundbreaking stride in the realm of precision agriculture for olive production. The integration of the Robotnik Summit-XL, coupled with the dynamic capabilities of the ROS development environment, signifies a paradigm shift towards a more data-driven, efficient, and sustainable approach to managing olive orchards.

The methodology employed, evolving from manual mapping and HMI control to a sophisticated GPS-driven system facilitated by the `robotnik_move_base_flex` package, underscores the project's adaptability and commitment to the robotic platform but also establishes a foundation for future advancements in precision agriculture.

Beyond the technical achievements, OliBoTIC holds great promise for the olive industry, offering a sustainable and efficient future. The amalgamation of robotics, computer vision, spectral sensors, and LiDAR technology not only optimizes resource utilization but also reduces reliance on

manual labour, addressing the intricate challenges faced by olive producers. As a beacon of innovation, OliBoTIC sets the stage for a transformative impact on the agricultural landscape, providing a blueprint for the future of data-driven farming practices.

At present, the OliBoTIC project is still in the experimental phase.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by grant PID2020-119217RA-I00, funded by the Spanish Ministry of Science, Innovation, and Universities (MCIN/AEI/10.13039/501100011033).

#### REFERENCIAS

- [1] Robotnik. <https://robotnik.eu/es/productos/robots-moviles/summit-x1-es/>.
- [2] Robot Operating System. <https://www.ros.org>.

# Análisis de las reseñas de las apps de transportes públicos: El caso de Andalucía

Rocío Hernández-Garrido<sup>1</sup>, David Perea<sup>2</sup>, Cinta Pérez-Calañas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Administración de Empresas de Marketing, Universidad de Sevilla, Avd. Ramón y Cajal

<sup>2</sup>Departamento de Economía y Administración de Empresas, Universidad de Málaga

<sup>3</sup>Departamento de Dirección de Empresas de Marketing, Universidad de Huelva, Plaza de La Merced 11.  
21002 Huelva

r.hernandez1@us.es, david.perea@uma.es, cinta.calanas@uhu.es

**Resumen-** Este estudio se centra en examinar las reseñas de apps de transporte público en las capitales de las ciudades de Andalucía. Concretamente, la presente investigación pretende conocer la percepción que los usuarios poseen a cerca de las aplicaciones móviles de transporte en Andalucía. A través del uso de análisis de datos y minería de opiniones, se pretende proporcionar información valiosa para optimizar la eficacia del transporte público y así mejorar la satisfacción de los usuarios. Por lo tanto, este estudio pretende contribuir al desarrollo de sistemas de transporte público más eficientes y adaptados a las necesidades de la población en estas localidades andaluzas.

**Palabras Clave-** Transporte Público; TICs; Apps; Andalucía; Web Scraping

## I. INTRODUCCIÓN

El transporte puede ser considerado como un factor esencial para el desarrollo (Kalašová et al., 2019). En la actualidad, se están produciendo grandes cambios estructurales en las ciudades que afectan a la vida diaria de las personas y sus pautas de movilidad para realizar desplazamientos (Puebla & Palomares, 2005). Más concretamente, cada vez más personas optan por utilizar en transporte público frente al privado. Sin embargo, todavía muchos ciudades optan por los coches privados como medio de transporte frente al transporte público (Abdulrazzaq et al., 2020).

En lo que se refiere al desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), están suponiendo también un cambio en la vida diaria de las personas en todos los ámbitos de la sociedad (Brem et al., 2021), incluyendo el sector de los transportes (Nikitas et al., 2020). Más específicamente, un creciente número de usuarios deciden utilizar las llamadas aplicaciones móviles (apps) a la hora de utilizar el transporte público con el objetivo de informarse de los horarios, comprar tickets de transporte etc. Sin embargo, a pesar de su creciente popularidad, no existen estudios que analicen las apps en Andalucía y la percepción que los usuarios poseen de las mismas.

Por lo tanto, dada su creciente popularidad, este estudio se centra en conocer la percepción que los usuarios poseen de

las diferentes apps de transporte público existentes en las principales ciudades de Andalucía. Para poder cumplir con el objetivo previsto, se llevará a cabo un análisis de las aplicaciones a través de un análisis textual de las aplicaciones de transporte público en Andalucía utilizando técnicas de Web Scraping.

## II. METODOLOGIA

La metodología utilizada para llevar a cabo el presente estudio se basa en técnica de Web Scraping. Esta técnica se basó en obtener a través de la manipulación de HTML y XML las reseñas de forma automática, obteniendo un total de 4.760 reseñas de 8 aplicaciones en 10 ciudades andaluzas. Se incluyeron las reseñas desde el origen de las aplicaciones hasta noviembre 2023. La base de datos seleccionada para obtener las reseñas de los usuarios de las apps de transporte fue Google Play al tratarse de la aplicación líder en descargas (Statista, 2022).

## III. RESULTADOS

La Tabla 1 proporciona una visión general de la valoración otorgada por los usuarios a diversas aplicaciones de transporte público en diferentes ciudades de Andalucía. La evaluación se basa en las opiniones y reseñas compartidas por los usuarios en la plataforma de Google Play, utilizando una escala de puntuación de 1 a 5, donde 5 representa la calificación más alta posible y 1 la más reducida.

En términos generales, los resultados indican que los usuarios de estas aplicaciones de transporte en Andalucía no están otorgando valoraciones muy altas. La puntuación promedio se encuentra en un rango que sugiere una satisfacción moderada, pero con algunas variaciones notables entre las ciudades.

Tabla I  
VALORACIÓN DE LAS APPS

Apps	Valoración
Almería	2.38
Cádiz	3.55
Cordoba	3.10
Granada	3.02
Huelva	2.20
Jaén	1.69
Málaga (autobús)	2.64
Málaga (metro)	2.73
Sevilla (autobús)	2.43
Sevilla (metro)	2.05

Cádiz destaca como la ciudad con la mejor valoración promedio, sugiriendo una experiencia positiva para los usuarios de la aplicación de transporte público en esa localidad. En contraste, Jaén presenta la puntuación más baja, indicando una insatisfacción más pronunciada por parte de los usuarios.

Para comprender de una forma más explícita lo que opinan los usuarios, se analiza el contenido de la reseña. En primer lugar, se analiza la relación del contenido de las distintas apps como se muestra la Figura 1.

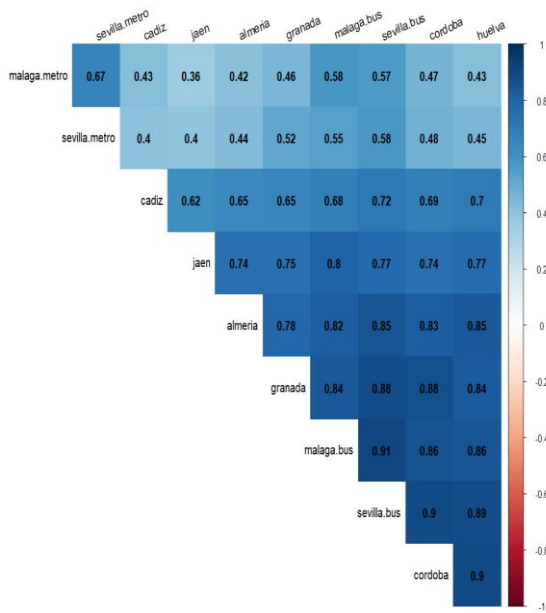


Fig. 6. Matriz de correlación del contenido de las reseñas

La correlación entre las reseñas de las aplicaciones de transporte público revela interesantes discrepancias, particularmente al comparar las aplicaciones de metro en Málaga y Sevilla con las aplicaciones de autobuses. En el caso de las aplicaciones de autobuses, se observa una diversidad de perspectivas entre los usuarios de Cádiz, quienes ofrecen opiniones distintivas.

Por otra parte, es destacable la presencia de un consenso acentuado en las reseñas de las aplicaciones de autobuses en las capitales de Sevilla y Málaga. Este consenso sugiere que los usuarios en estas dos ciudades comparten, en gran medida, percepciones similares sobre las aplicaciones de

autobuses, creando una tendencia más uniforme en las opiniones expresadas.

La discrepancia mencionada entre las aplicaciones de metro y autobuses podría indicar que los usuarios valoran y evalúan aspectos diferentes o poseen expectativas distintas según el tipo de servicio de transporte público.

Por último, en la Figura 2 y 3, se analizan las palabras más frecuentes en las reseñas según cada ciudad tanto de los autobuses como de los metros.

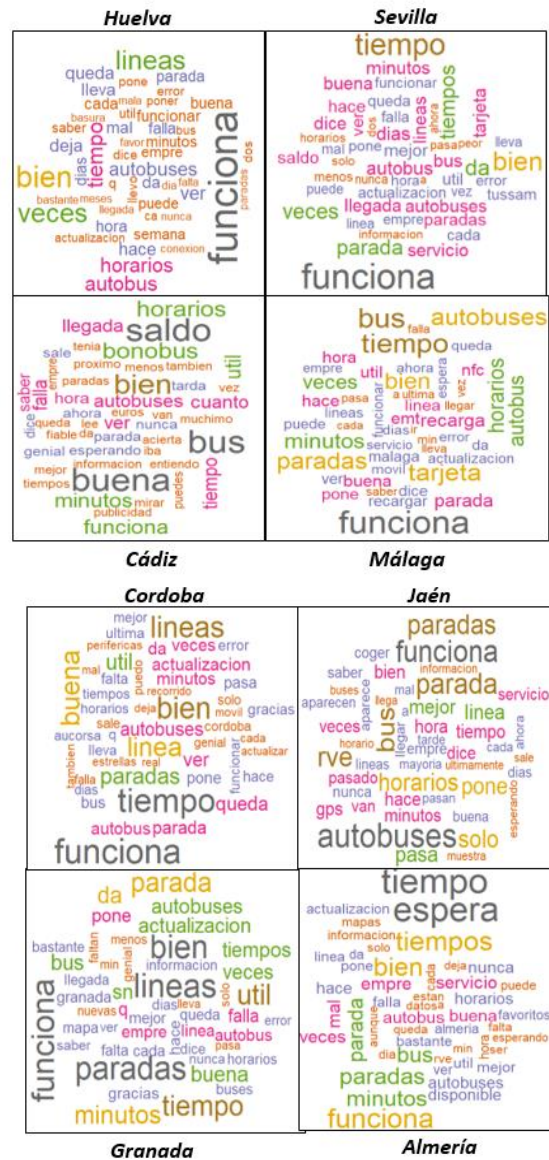


Fig. 7. Nube de palabras de las reseñas de las apps de los autobuses

El análisis de frecuencia de palabras revela una serie de patrones y preocupaciones recurrentes entre los usuarios de las aplicaciones de transporte público en Andalucía. En términos generales, se observa una notable insatisfacción relacionada con el rendimiento general de las aplicaciones y los tiempos de espera prolongados en las paradas. Estos hallazgos sugieren que la eficiencia y la puntualidad son áreas de mejora críticas para las aplicaciones en cuestión.

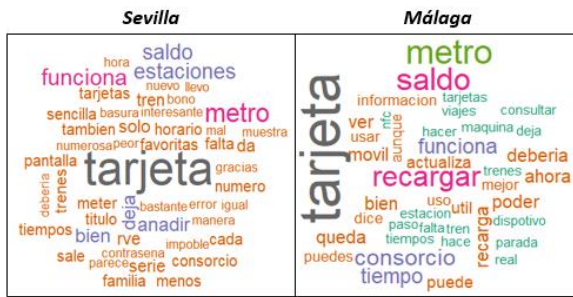


Fig. 8. Nube de palabras de las reseñas de las apps de los metros

Además, resulta interesante el contraste existente entre las opiniones de los usuarios de las aplicaciones de autobuses y las de metro. Mientras que los usuarios de autobuses destacan el funcionamiento general y los tiempos de espera, los usuarios del metro centran su atención en otros aspectos específicos relacionados fundamentalmente con la tarjeta y el saldo. Este contraste indica que las preocupaciones y prioridades de los usuarios pueden variar significativamente según el modo de transporte referido, lo que destaca la necesidad de abordar de manera diferenciada las expectativas de los usuarios de cada servicio.

La disconformidad expresada por los usuarios en relación con los tiempos de espera podría indicar una oportunidad para mejorar la eficiencia y la gestión de los servicios, implementando medidas que reduzcan los periodos de espera en las paradas. Además, abordar las preocupaciones específicas de los usuarios del metro sobre la tarjeta y el saldo podría mejorar la experiencia y la satisfacción de este grupo de usuarios en particular.

#### IV. CONCLUSIONES

Este análisis de las aplicaciones de transporte público en Andalucía no solo arroja luz sobre la satisfacción del usuario, sino que también identifica los aspectos más cruciales para los usuarios con el objetivo de poder mejorar la experiencia global. Las diferencias existentes entre las preocupaciones de los usuarios de autobuses y metro destacan la necesidad de estrategias específicas para abordar las expectativas y necesidades únicas de cada grupo. Las disparidades entre ciudades refuerzan la importancia de adoptar un enfoque localizado, teniendo en cuenta las dinámicas y desafíos específicos de cada ubicación.

La participación activa de los usuarios se erige como un factor esencial para mantener aplicaciones eficientes y centradas en el usuario. La adaptabilidad continua a las cambiantes expectativas y la implementación de medidas específicas para reducir los tiempos de espera en paradas emergen como elementos clave para mejorar la eficacia y la satisfacción general del usuario.

En resumen, este análisis no solo proporciona una instantánea de la situación actual, sino que también supone una base para la optimización continua de las aplicaciones de transporte público en Andalucía.

#### REFERENCIAS

- [1] Abdulrazzaq, L. R., Abdulkareem, M. N., Yazid, M. R. M., Borhan, M. N., & Mahdi, M. S. (2020). Traffic congestion: Shift from private car to public transportation. *Civil Engineering Journal*, 6(8), 1547-1554.
- [2] Brem, A., Viardot, E., & Nylund, P. A. (2021). Implications of the coronavirus (COVID-19) outbreak for innovation: Which technologies will improve our lives? *Technological forecasting and social change*, 163, 120451.
- [3] Kalašová, A., Harantová, V., & Čulík, K. (2019). Public transport as a part of shared economy. *Archiwum Motoryzacji*, 85(3), 49-56.
- [4] Nikitas, A., Michalakopoulou, K., Njoya, E. T., & Karampatzakis, D. (2020). Artificial intelligence, transport and the smart city: Definitions and dimensions of a new mobility era. *Sustainability*, 12(7), 2789.
- [5] Puebla, J. G., & Palomares, J. C. G. (2005). Changes in the mobility in the Madrid metropolitan area. The increasing use of the private transport. In *Anales de geografía de la Universidad Complutense* (Vol. 25, p. 331). Universidad Complutense de Madrid.