

Actas de las IV Jornadas ScienCity 2021

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

Editores:

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

Departamento de Ingeniería Electrónica, de Sistemas
Informáticos y Automática

Departamento de Tecnologías de la Información

Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Huelva

Universidad de Huelva

Dpto. de Ingeniería Electrónica, de Sistemas Informáticos y Automática

Campus de El Carmen

Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSI)

Huelva, España

Tel: (+34) 959 217380

FAX: (+34) 959 217348

<http://www.uhu.es/diesia/>

Dpto. de Tecnologías de la Información

Campus de El Carmen

Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSI)

Huelva, España

Tel: (+34) 959 217364

FAX: (+34) 959 217703

<http://www.uhu.es/dti/>

Copyright © 2022 Universidad de Huelva

Todos los derechos reservados

ISBN: 979-8410791717

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. Sesión Principal

Miércoles - 17 Nov | Gobernanza y Sostenibilidad

Índice para Ciudades Inteligentes y Sostenibles: el Caso de Costa Rica	1
<i>O. Segura Bonilla, D. García Sánchez</i>	
Modelado Matemático de la Generación de Residuos Sólidos Urbanos en la Provincia de Huelva	4
<i>A. Mena-Nieto, A. Golpe-Moya, J.C. Molina-Gómez, A. Mena-Gonzalez, L. Da Silva-Lima</i>	

Jueves - 18 Nov | Educación Digital e Industria 4.0

Standardized Remote Laboratories Based on Renewable Energy Sources for REOPEN European University Network	7
<i>M. Martínez, R. García, F. Segura, J.M. Andújar</i>	
Evaluación de un Dispositivo de Red para la Configuración y Recuperación Automática de Sistemas en el Aula	11
<i>J.D. Morillo Reina, T.J. Mateo Sanguino</i>	
Sustainable Urban Race, Promoción de las Enseñanzas Técnicas en Tiempos de Pandemia.....	15
<i>J. Pino Fernández, D. Ruiz Castilla, B. Millan Prior, Y. Ceada Garrido, J. Ríos Gutiérrez, J. Barragán Piña, J.M. Enrique Gómez, D. Tejada Guzmán, M.S. Mesa Alcocer, J.M. Andújar Márquez</i>	
Toma de Datos y Modelado de un Vehículo Eléctrico para Ensayo de Estrategias de Carga con Paneles Fotovoltaicos a Bordo	19
<i>J. Ríos, J.M. Enrique, M. Mesa, B. Millán, M. Martínez, J. Amaro, J. del Pino, D. Ruiz, D. Tejada, J. Gamero, J.M. Andújar, J. Barragán</i>	
Aplicación de Enfoques Semimarkovianos a la Mejora de Políticas de Mantenimiento Predeterminado en Activos Industriales	23
<i>A. Sánchez-Herguedas, A. Mena-Nieto, F. Rodrigo-Muñoz, J. Villalba-Diez, J. Ordieres-Meré</i>	
Adaptación de un Inversor Solar Comercial de Baja Potencia para Uso en una Smart Grid con un Bus de Corriente Continua de 360 V	27
<i>J. Pino Fernández, D. Ruiz Castilla, B. Millan Prior, J.Y. Gamero López, J. Ríos Gutiérrez, J. Barragán Piña, J.M. Enrique Gómez, D. Tejada Guzmán, M.S. Mesa Alcocer, J.M. Andújar Márquez</i>	

Viernes - 19 Nov | Agricultura 4.0 y Medio Ambiente

Design and Evaluation of a Low-cost Multispectral Device for Grape Ripening Status Assessment	31
<i>M. Noguera, B. Millan, A. Sayago, Á. Fernández-Recamales, J.M. Andújar</i>	
Herramientas para el Análisis de la Toxicidad de los Embalses para Suministro de Agua Potable mediante Imágenes Satelitales	35
<i>Á. Felipe Pulido, U. Gamero</i>	
Tuberías de Agua Potable: Energía Hidráulica y/o Energía Eléctrica	39
<i>Á. Mariano Rodríguez-Pérez, I. Pulido-Calvo</i>	
Principales Modelos de Negocios de Transporte Colaborativo: Análisis de la Percepción de los Usuarios a Través de sus Apps	42
<i>R. Hernández-Garrido, D. Perea, C. Pérez-Calañas</i>	

II. Sesión Paralela

Miércoles - 17 Nov | Jueves - 18 Nov | Viernes - 19 Nov

Ányos Jedlik, Inventor del Primer Modelo de Vehículo Eléctrico del Mundo	45
<i>T.J. Mateo Sanguino, J.M. Lozano Domínguez, M.J. Redondo González, E. Cortés Ancos</i>	
O Kahoot! Saiu da Sala de Aula	47
<i>C. Santos, C. Dias</i>	
O Potencial do Ensino a Distância em prol da Educação em Cidades Inteligentes	50
<i>C. Dias, C. Santos</i>	

Sustainable Urban Race: Project Based Learning for Scientific-Technical Vocations During 2018-2021 Editions	54
---	----

B. Millan Prior, J. Pino Fernández, D. Ruiz Castilla, Y. Ceada Garrido, J. Ríos Gutiérrez, J. Barragán Piña, J.M. Enrique Gómez, D. Tejada Guzmán, J. Gamero López, J.M. Andújar Márquez

Problemáticas del Mundo Actual, Nuestro Territorio Cercano: La Ciudad de Huelva y el Georrecurso de los Cabezos	58
---	----

M.C. Morón Monge, M. Trabajo Rite

III. Sesión Principal

Viernes - 19 Nov | Agricultura 4.0 y Medio Ambiente

Turismo 4.0 y Economía Circular: Startups y aplicaciones	62
--	----

A. Vargas-Sánchez

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 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.

Esperamos que la participación de universidades, empresas, entes públicos y privados sirva para suscitar el interés por la gobernanza, turismo inteligente, salud y bienestar, educación a distancia, infraestructuras IoT, movilidad, agricultura 4.0, industria 4.0 y ciberseguridad. Ello permitirá crear oportunidades de investigación, desarrollo, transferencia y, en definitiva, de colaboración entre sociedad y universidad en el ámbito de las Ciudades Inteligentes.

Comité Organizador | ScienCity 2021

ScienCity 2021

Comité Organizador Local

D. José María Corralejo Mora, *Universidad de Huelva (UHU)*

D. Ramón Gómez González, *Universidad de Huelva (UHU)*

Dña. Eva María Vidakovic Mercader, *Universidad de Huelva (UHU)*

Comité Científico Internacional

Dr. Manuel J. Redondo González, *Universidad de Huelva (UHU)*

Dr. Iñaki J. Fdez de Viana González, *Universidad de Huelva (UHU)*

Dr. Tomás de J. Mateo Sanguino, *Universidad de Huelva (UHU)*

Comité de Relaciones Empresariales

D. José Manuel Lozano Domínguez, *Universidad de Huelva (UHU)*

Dr. Miguel Ángel Rodríguez Román, *Universidad de Huelva (UHU)*

Dña. Estefanía Cortés Ancos, *Universidad de Huelva (UHU)*

Patrocinadores de ScienCity 2021

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología-Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades
Consejería de la Presidencia, Administración Pública e Interior de la Junta de Andalucía
Estrategia de Política de Investigación y Transferencia de la Universidad de Huelva
Cátedra de Innovación Social de Aguas de Huelva
Cátedra de la Provincia
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Grupo de investigación TEP-192 de Control y Robótica
Mercedes, BMW, Mini, Kia, Volvo y Tesla

Índice para Ciudades Inteligentes y Sostenibles

El caso de Costa Rica

Olman Segura Bonilla¹ y Daniela García Sánchez²

¹Director del Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible

²Investigadora del Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible
Facultad de Ciencias Sociales
Universidad Nacional

olman.segura.bonilla@una.cr, daniela.garcia.sanchez@una.cr

Resumen- Las ciudades son espacios de convivencia e interacción social, económica y cultural que se han visto afectados por procesos de urbanización acelerados y cambios estructurales que han generados una serie de desafíos agravados por la pandemia. El proyecto se planteó como objetivo comprender estos fenómenos de forma integral y acorde al contexto, a través de un índice de Ciudades Inteligentes y Sostenibles para Costa Rica que coloca a las personas en el centro del desarrollo urbano acorde a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Bajo un enfoque holista y multisectorial se construyó un índice que integra ocho dimensiones, cada una contiene seis variables, diseñadas y validadas a través de una amplia revisión bibliográfica y consultas con paneles de personas expertas. El índice fue aplicado a diez ciudades costarricenses, utilizando datos e información del 2019. Se obtuvo un ranking que permite comparar la posición entre las ciudades y sus resultados para cada una de las dimensiones.

Palabras Clave- Objetivos de Desarrollo Sostenible, multidimensional, ciudades inteligentes y sostenibles, índice

I. INTRODUCCIÓN

Las ciudades han existido en la historia porque los seres humanos consideran ventajoso y eficiente gestionar sus actividades de producción y desarrollo familiar y personal en forma concentrada en ciertos sitios que les proveen las condiciones necesarias para desarrollarse. Si bien es cierto, existe la percepción de que las ciudades ofrecen mejores condiciones de trabajo, ingresos y acceso a servicios, también se debe tener en cuenta que las mismas enfrentan importantes retos, tales como los problemas medioambientales, elevadas tasas de desempleo, falta de suficientes servicios públicos, entre otros, ahora acrecentados por la inmigración internacional y del campo a la ciudad, y los problemas de salud producto de la pandemia COVID-19.

El concepto de Ciudades Inteligentes inició su desarrollo en los años 90 del siglo XX. Principalmente vinculado al avance veloz de las tecnologías de la información y la comunicación que introdujo importantes transformaciones tecnológicas para afrontar los grandes retos del entorno urbano (eficiencia energética, contaminación ambiental, cambio climático). A partir de este concepto y de los diferentes alcances por mejorar la gestión de las ciudades, se han generado una serie de índices de medición de la “inteligencia” de las ciudades, de modo que se pudieran

realizar comparaciones, impulsar mejoras o bien identificar buenas prácticas de parte de otras ciudades. Existen varios índices disponibles creados desde los países desarrollados donde definitivamente el peso tecnológico les ubica en las mejores posiciones; sin embargo, es importante considerar una opción de medición más integral, más holística.

En este trabajo se propone la creación de un índice de medición más integral, que toma en cuenta varias dimensiones más allá de las estrictamente tecnológicas y digitales, como lo son el desarrollo institucional, ambiental y cultural de las ciudades y que puede ser aplicado con relativa facilidad en países pequeños como los centroamericanos.

II. RESULTADOS

El concepto de ciudades inteligentes es ampliamente utilizado. En la presente investigación, se han identificado alrededor de 120 definiciones distintas analizadas en el documento “Ciudades Inteligentes y Sostenibles: Estado del Arte. 2019”, que hemos producido desde el CINPE-UNA [1], en donde adicionalmente se profundiza en la interpretación adaptándola a nuestras necesidades y realidades y, respaldada en la base teórica de la Economía Circular, la Economía Urbana y los Sistemas de Innovación. Es así que finalmente se opta por considerar que la definición que mejor se adapta a la integralidad del concepto de ciudad inteligente y sostenible (CIS) es la que utiliza la International Telecommunications Union [UIT-T]:

“Una CIS es una ciudad innovadora que utiliza las TIC y otros medios para mejorar la calidad de vida, la eficiencia de la operación y los servicios urbanos, y la competitividad, garantizando al mismo tiempo la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras con respecto a los aspectos económicos, sociales y ambientales” [2].

Este concepto incluye los elementos que no deben faltar en un índice relacionados con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), tales como innovación, competitividad. Así como aspectos vinculados con la calidad de vida, de presentes y futuras generaciones, desde una perspectiva multi-dimensional, considerando los ámbitos económicos, sociales y ambientales.



Fig. 1. Esquema del modelo de CIS y sus dimensiones

A. Selección de los casos de estudio y delimitación de las ciudades

Costa Rica presenta una disposición de sus ciudades cuya concentración y composición gira en torno a las características del Gran Área Metropolitana (GAM), centro jerárquico del sistema, por la cantidad de población, producción y actividades económicas que concentra. Por tal razón, las ciudades pilotos del presente estudio fueron seleccionadas considerando las siete ciudades más importantes ubicadas en las diferentes provincias del país, así como tres ciudades intermedias, localizadas más allá de los límites de la GAM con el fin de obtener una mayor representatividad dentro del territorio e impulsar a nivel nacional la percepción de estas como entidades colectivas decisivas en el incremento de la competitividad económica y social del país.

Los criterios de selección fueron los siguientes: a) límites político-administrativos que establecen que el país se divide en provincias, cantones y distritos, b) criterios morfológicos de la ciudad para el caso de mancha urbana o mancha lumínica, c) asentamientos humanos por medio de fotointerpretación que determina las áreas urbanizadas a nivel nacional, y d) criterio municipal, percepción de representantes y funcionarios de gobiernos locales.

B. Cálculo de índice

Para el cálculo del índice se realizaron varios procesos de depuración y calibración de la base de datos. Esto con el fin de trabajar con la información más aproximada posible de la ciudad seleccionada, sobre todo cuando no contábamos con los datos de esta o era muy difícil, lento y costoso construirlos. Algunos supuestos que debimos asumir fueron: a) que los datos de la ciudad son iguales a los de la región, cuando sólo se encontraron datos regionales, b) que los datos de la ciudad son iguales a los del cantón si logramos los cantonales, c) que los datos de la ciudad son iguales a los del distrito en el caso que existan los datos distritales; además, se d) transformaron los datos a per cápita, y se utilizó e) información de las municipalidades como representativa de la ciudad.

Una vez depurada la base de datos final se llevaron a cabo los ajustes para el cálculo del índice, los cuales incluyeron una normalización de las variables, la definición de los ponderadores y ponderación intra-dimensional, la

reescalación y cálculo por dimensión. Se consideraron ocho dimensiones como se muestra en la Figura 1, cada una con seis variables para un total de 48 variables. Finalmente se hace el cálculo del promedio de las calificaciones de las dimensiones para obtener el índice de Ciudades Inteligentes y Sostenibles (I-CIS).

C. Desempeño de las ciudades por dimensión

Para cada una de las diez ciudades seleccionadas se calcularon las ocho dimensiones y resultaron en una serie de desempeños diferentes como se muestra en las ocho gráficas de la Figura 2 y se detallan de forma resumida como sigue:

Dimensión Social. Si se compara con el desempeño de las otras dimensiones, existe un espacio significativo de mejora en esta dimensión. Además, se identificaron resultados altamente desiguales entre las ciudades.

Dimensión Ambiental. Las ciudades demostraron un mejor desempeño en la interacción con el medio ambiente, que con las otras dimensiones, esta dimensión presentó una nota promedio superior al 73%, con un desempeño similar entre las 10 ciudades.

Dimensión Educación/Capital Humano. En esta dimensión se identificaron tres grupos en los resultados obtenidos. Primero aquellas ciudades con una calificación mayor a 60 (Belén); segundo, aquellas con un promedio de 50, y finalmente aquellas con notas inferiores. No obstante, presentan un mejor desempeño respecto a las dimensiones de seguridad ciudadana y capital social.

Dimensión Económica. En el cuadrante económico, se evidenciaron marcadas diferencias entre las ciudades dentro y fuera de la GAM. Las primeras posiciones las ocupan las ciudades más centralizadas y urbanizadas del país y las posiciones finales las ciudades más rurales y alejadas, con una diferencia de la primer y última posición de más de 68 puntos.

Dimensión Seguridad Ciudadana. En esta dimensión sobresalen los esfuerzos de la ciudad de Belén, ya que obtuvo una calificación de 91,5 muy por encima del promedio de esta dimensión. Contrastan las ciudades con apenas 30 puntos, Alajuela, Liberia, Limón y Puntarenas.

Dimensión Transporte. Esta dimensión presenta el peor promedio en el desempeño de las ciudades, con tan solo 28,57, dejando en evidencia el rezago del país en infraestructura, transporte y movilidad de personas, lo mismo que el uso fuerte de hidrocarburos, contaminación atmosférica y edad de la flota vehicular.

Dimensión Gobernanza. Presenta el mejor desempeño entre todas las dimensiones, con un rendimiento similar entre la mayoría de las ciudades, con la excepción de Puntarenas.

Dimensión Tecnologías de la información y comunicación. En la dimensión de TICs fue posible identificar un problema en el acceso, utilización y buen manejo de las tecnologías por parte de las ciudades más alejadas de la GAM, ya que presentan los menores resultados.

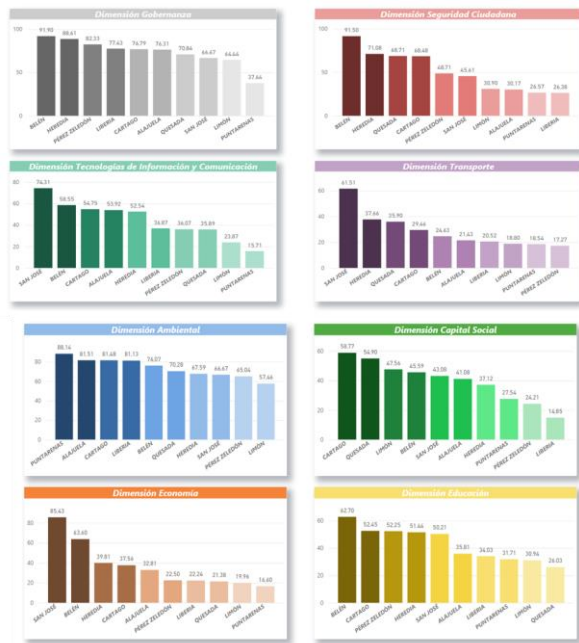


Fig. 2. Desempeño de las ciudades por dimensión

D. Desempeño integrado del índice

Finalmente, al promediar los resultados obtenidos en cada dimensión, se obtiene el valor del índice CIS. Como se puede observar el espacio de mejora es amplio para la construcción de Ciudades Inteligentes y Sostenibles en Costa Rica, ya que el promedio de calificaciones de las ciudades no supera el 50%. No obstante, destaca el papel de algunas ciudades como Belén, San José y Cartago, con calificaciones de 64, 61 y 57 respectivamente.

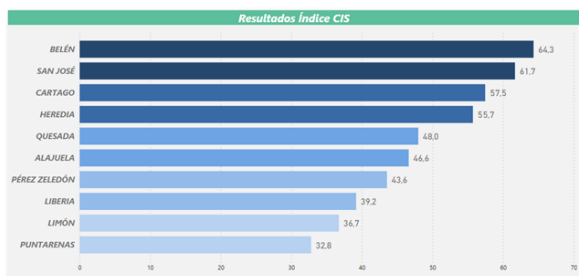


Fig. 3. Desempeño integral del índice CIS por ciudad en Costa Rica

III. CONCLUSIONES

Es importante resaltar que los resultados del índice no arrojan valores óptimos, sino más bien una ruta a seguir para mejorar en la construcción de ciudades más inteligentes y sostenibles.

A nivel conceptual, el presente índice parte de que una ciudad no se puede llamar inteligente si no considera los aspectos ambientales y sociales que le caracterizan, sobre todo en momentos como los actuales en que enfrentamos el COVID-19. En otras palabras, una ciudad debe ser inteligente, pero indispensable que también sea sostenible.

A nivel operacional y metodológico, este índice fue creado y adaptado conforme las realidades del entorno Centroamericano. Las variables seleccionadas para cada una de las dimensiones fueron generadas y validadas, en consulta con expertos de la región mediante la metodología de Grupos Focales. Es un índice de medición y no de percepción que se

construyó a través de la medición cuantitativa y cualitativa de los diferentes indicadores que lo componen. Considera también los avances en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en el país.

Al desarrollarse un indicador muy adaptado al contexto de las ciudades pequeñas, que coloca en el centro al ser humano tanto de la presente generación, como de las que no han nacido, y que incorpora con igual peso y relevancia dimensiones tecnológicas, sociales, económicas y ambientales, nos coloca frente a las nuevas aspiraciones de la sociedad. Ante los retos actuales y de mega-crisis, cada vez más se reconoce la importancia de contar con ciudades resilientes, verdes, con espacios de ocio y trabajo al aire libre, capaces de ayudar a la ciudadanía a superar la actual y futuras crisis. Al mismo tiempo, el desarrollo científico y tecnológico se convierte en un bien público que debe estar al servicio de la salud de los humanos y otras especies. En síntesis, el índice CIS busca incorporar una visión holística mediante el conjunto de dimensiones, variables e indicadores que lo componen. No se trata de una simple medición con el objetivo de crear un ranking, sino de un instrumento que puede utilizarse como herramienta de generación de políticas económicas y políticas públicas para la mejora de la calidad de vida de la ciudadanía.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los gobiernos locales de las ciudades piloto por su participación en los diferentes talleres y la información brindada. Igualmente, agradecidos con las personas expertas que participaron en los grupos focales y con los colegas y estudiantes asistentes que nos han apoyado en este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Segura, O, Hernández, J y López, M. Ciudades Inteligentes y Sostenibles: Estado del Arte 2019. Cuadernos de Trabajo 001-2019. 1-130. Mayo, 2020.
- [2] International Telecommunications Union [UIT-T]. Una visión general de las ciudades inteligentes sostenibles y el papel de las tecnologías de la información y comunicación. Técnico, Sector de Estandarización de las Telecomunicaciones (2014).
- [3] M. Copaja-Alegre y C. Esponda-Alva. “Tecnología e innovación hacia una ciudad inteligente. Avances, perspectivas y desafíos”. Bitácora Urbano Territorial, 29(2), 59-70, 2019.
- [4] H. Guitton. “Índices e Indicadores”. Revista de Economía y Estadística, 1(1-2-3-4), 9-23, 1960.
- [5] G. Orozco. “El concepto de la seguridad en la Teoría de las Relaciones Internacionales”. CIBOD d’Afers Internacionals, 161-180, 2006.
- [6] D.R. Lugo-Morín y G.A. Romero. “El estado del arte de la movilidad del transporte en la vida urbana en ciudades Latinoamericanas”. Revista Transporte y Territorio, 133-157, 2018.
- [7] A. Mondragón. “¿Qué son los indicadores?”. Revista de Información y Análisis (19), 52-58, 2002.
- [8] Procuraduría General de la República. “Ley sobre División Territorial Administrativa”, N° 4366, 1969. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=35441&nValor3=37361&strTipM=TC
- [9] Segura. O y Hernandez, J. “Aspectos conceptuales y metodológicos para la construcción de un Índice de Ciudades Inteligentes y Sostenibles”. Cuaderno de Trabajo 005-2021. (2021).

Modelado Matemático de la Generación de Residuos Sólidos Urbanos en la Provincia de Huelva

Angel Mena-Nieto^a, Antonio Golpe-Moya^b, Jose Carlos Molina-Gómez^c, Angel Mena-Gonzalez^d,
Lucas Da Silva-Lima^d

a. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Térmica, de Diseño y Proyectos, ETSI de la Universidad de Huelva, Campus El Carmen, 21071, Huelva, España

b. Departamento de Economía, Universidad de Huelva, Plaza de la Merced, 11, 21071 Huelva. España.

c. Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas I, Escuela de Ingenieros de la Universidad de Sevilla, Camino de los Descubrimientos s/n, 41092 Seville, Spain

d. Master's students. Universidad de Huelva

mena@uhu.es, antonio.golpe@dehie.uhu.es, jmolina12@us.es, angelmg2104@gmail.com;

lucasilva_lsl@hotmail.com

Resumen- Se presentan los primeros resultados de un proyecto de investigación y transferencia destinado a modelar matemáticamente la evolución de la generación de los residuos sólidos urbanos en la provincia de Huelva. Al mismo tiempo, se identificarán, a nivel provincial, los principales factores que determinan la generación de las diversas fracciones que integran dichos residuos sólidos urbanos (papel y cartón, plástico, vidrio, residuos orgánicos y fracción resto). Construido el modelo, será posible realizar simulaciones y proyecciones de la generación futura de residuos en la provincia hasta 2035, basándose en la técnica de Análisis de Escenarios. Finalmente, será posible analizar y comparar los efectos de diferentes políticas ambientales y hacer frente a uno de los retos ambientales más exigentes que tiene la provincia de Huelva, es decir, el cumplimiento de las ambiciosas metas establecidas por la legislación de la Unión Europea para 2025, 2030 y 2035.

Palabras Clave- Ciudades inteligente, Residuos sólidos urbanos, Economía Circular, Tasas de generación de residuos, Dinámica de Sistemas, Simulación de escenarios, Modelo matemático

I. INTRODUCCIÓN

El promedio mundial de generación de residuos sólidos urbanos (RSU) per cápita varía ampliamente entre 0,11 a 4,54 kg/hab-día, con un promedio de 0,74 kg/hab-día [1], situándose la provincia de Huelva en 1,44 kg/hab-día.

La provincia de Huelva tiene 10.128 Km² de territorio, 49% del cual es espacio protegido, incluyendo la mayor reserva ecológica de Europa (Parque de Doñana). Este tesoro natural debe ser protegido porque la provincia recibe un número creciente de turistas que pueden afectar muy gravemente a su sostenibilidad. El turismo intensifica la generación de RSU en la provincia, especialmente en verano y en la costa, lo que causa un importante impacto ambiental.

La provincia de Huelva presenta muy bajas tasas de reciclaje y de recogida selectiva, comparadas con las de otras provincias españolas y europeas, lo que obliga a tomar medidas drásticas para poder cumplir con las metas obligatorias establecidas por la Unión Europea. Más concretamente, las Directivas europeas de residuos, de envases y residuos de envases, y de vertido de residuos establecen que las metas mínimas de reciclaje a alcanzar son el 55% en 2025, el 60% en 2030 y el 65% en 2035. Además, la cantidad máxima de RSU que podrá ser enviada a vertederos controlados en 2035 será del 10%.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

La provincia de Huelva esta formada por 80 municipios donde, según el Instituto Nacional de Estadística (INE), en 2020 vivían 524.278 habitantes. De ellos, aproximadamente un 84% viven en la zona sur de la provincia, mientras que el 16% restante habita la zona norte de la provincia.

La actividad económica de la provincia generó en 2020 un total de 274.000 toneladas. Las competencias de recogida de RSU recae sobre los ayuntamientos que los llevan a estaciones de transferencia donde la Diputación provincial de Huelva, se encarga de su transporte a los dos centros de tratamiento existentes en la provincia. El Centro de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos de Tharsis, recoge los RSU de los aproximadamente 80.000 habitantes de la zona norte de Huelva, mientras que el de Villarrasa atiende a toda la zona sur con mas de 444.000 habitantes (ver Fig. 1). En realidad más del 95% de los RSU provinciales son tratados en Villarrasa, y su composición se presenta en la Fig. 2.

En cuanto a la metodología utilizada, ésta ha sido desarrollada con motivo de una tesis doctoral defendida recientemente en la Universidad de Huelva y cuyos resultados han sido publicados en las revistas científicas más prestigiosas sobre RSU [1], [2], [3] y [4]. La figura 2 resume gráficamente la metodología aplicada.

En primer lugar, hay que seleccionar las variables que según la literatura científica más influyen en la generación de RSU, después se necesita recopilar los datos históricos oficiales de generación de dichas variables y de las diferentes fracciones de RSU en la provincia (papel y cartón, plástico, vidrio, residuos orgánicos y fracción resto). A continuación, hay que construir un modelo econométrico para obtener las variables con mayor influencia en la generación de las dichas fracciones de los RSU. A partir de ahí, se diseña y se ajusta un modelo matemático en Dinámica de Sistemas que permite estudiar y predecir la generación de RSU provincial bajo distintas hipótesis, escenarios y políticas alternativas.

III. RESULTADOS

Aunque el proyecto ha sido recientemente iniciado, ya pueden presentarse algunos resultados obtenidos en sus primeras fases. Así, la Fig. 4 muestra la evolución del vidrio

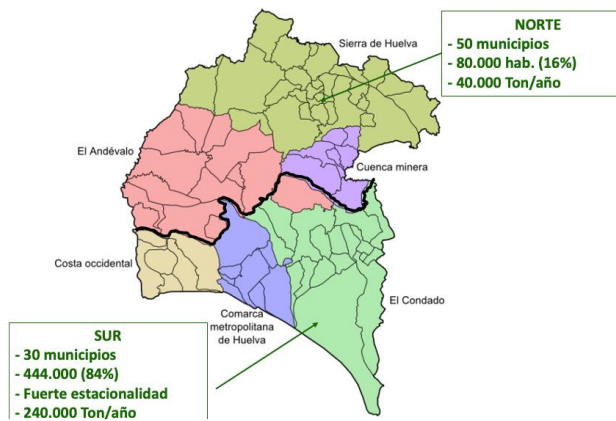


Fig. 1. Distribución de la generación de RSU en la provincia de Huelva

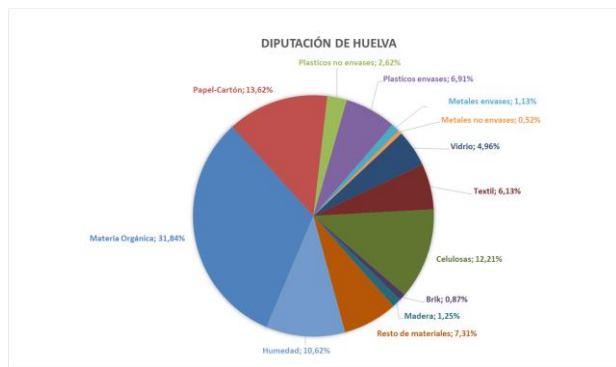


Fig. 2. Fracciones de los RSU recogidos en la provincia de Huelva

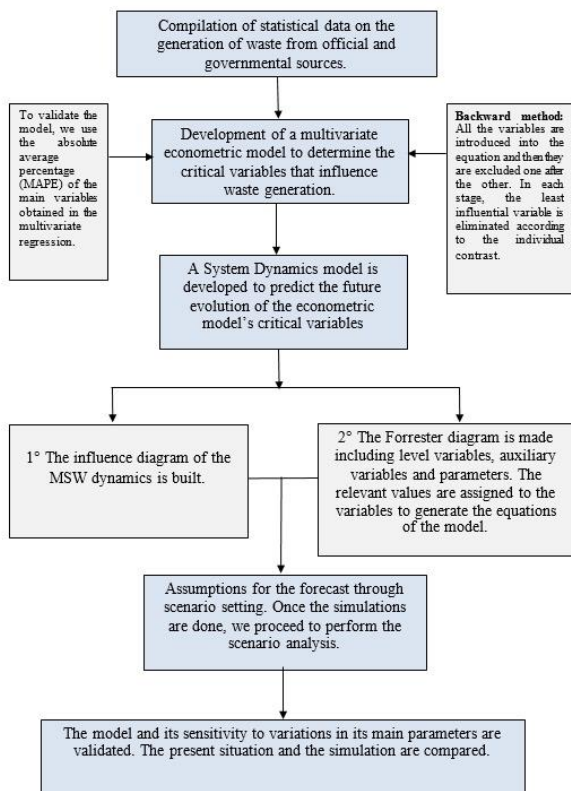


Fig. 3. Metodología aplicada. Fuente [3]

recogido en Huelva capital durante los últimos años,



Fig. 4. Reciclaje de vidrio en Huelva capital

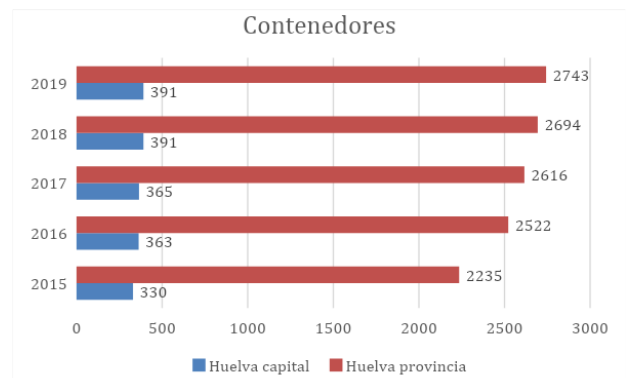


Fig. 5. Comparación entre el número de contenedores en Huelva capital y en la provincia

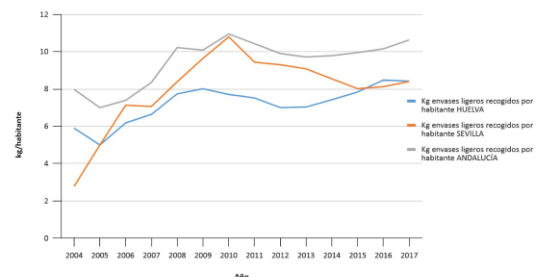


Fig. 6. Evolución de la recogida de envases ligeros en Huelva, Sevilla y Andalucía

constatándose una tendencia creciente.

Sin embargo, el número de contenedores en Huelva capital es solo una parte muy pequeña del total de la provincia (ver Fig. 5).

Si se analiza la evolución de la recogida de envases ligeros y se compara con las de Sevilla y Andalucía, se obtiene la Fig. 6.

En cuanto a papel y cartón, la Fig. 7, muestra su evolución y comparación con las de Sevilla y Andalucía.

Por último, mencionar el importante problema derivado de las emisiones de metano procedentes de los numerosos vertederos de RSU que existen en el planeta y que están contribuyendo al aumento de las emisiones de dióxido de carbono, ya que el potencial de calentamiento global de este gas es 28 veces superior al del dióxido de carbono [5]. Esa ha sido la razón de que en la reciente reunión de Glasgow se

haya acordado limitar las emisiones de metano por sus efectos perjudiciales sobre el calentamiento del planeta.

Uno de los principales causantes de este problema reside en el desperdicio alimentario; de ahí que las Directivas europeas de residuos establezcan la recogida separada de la fracción orgánica en todos los municipios antes de diciembre de 2023, y este es un enorme reto para nuestra provincia donde no se ha iniciado aún su implantación mediante los contenedores marrones.

Por consiguiente, se hace necesario abordar la localización de los contenedores marrones en los 80 municipios de la provincia. Además, debe hacerse de modo que las rutas de recogida de RSU intenten generar pocas emisiones, lo cual puede ser analizado mediante diversos tipos de algoritmos [6] que reduzcan las emisiones del sistema de recogida en los diferentes municipios.

En definitiva, por un lado, las leyes de Economía Circular española y andaluza, junto con el Plan de Acción de Economía Circular cuyo principal objetivo es avanzar hacia una Europa más ecológica y competitiva, impulsando el empleo, el crecimiento económico y la inversión, de modo que en 2050 Europa se convierta en el primer continente del mundo climáticamente neutro y el más eficiente en el uso de recursos. Por otro, la legislación y las metas derivadas de las Directivas europeas sobre RSU mencionadas en la introducción, están provocando y provocarán cambios muy significativos en los sistemas de gestión de RSU de los municipios, mancomunidades y empresas en todos los países de la Unión Europea, y la provincia de Huelva no es una excepción.

IV. CONCLUSIONES

La mejora de la gestión y planificación de los RSU es fundamental para lograr un desarrollo más sostenible y avanzar desde una economía lineal a una más circular que considera los residuos como recursos, y la herramienta que está siendo desarrollada contribuirá a dicha mejora.

Los objetivos de gestión de residuos establecidos en la nueva normativa europea son tremendamente ambiciosos y suponen todo un reto, a la vez que una fuente de oportunidades para la provincia, ya que la situación de la gestión de los RSU actual esta muy alejada de dichas metas.

El primer reto es conseguir reducir la cantidad de residuos que se generan, y para ello hay que actuar en el origen, en la fase de diseño y producción, pero también en la etapa de distribución y venta, y finalmente en la fase de uso y consumo, a todos los niveles de la generación de residuos provincial.

La recogida selectiva es clave para alcanzar la meta del 65% de reciclado en 2035 y un máximo del 10 % de vertido de los residuos generados. Este proyecto obtendrá las principales fuerzas motrices que provocan su aumento y disminución, lo que permitirá a los responsables políticos provinciales y municipales seleccionar mejor las estrategias para el logro de las metas europeas para 2025, 2030 y 2035.

La fracción más decisiva será la orgánica, teniendo que reducir mucho el despilfarro alimentario e implantar los contenedores marrones en toda la provincia, por imperativo legal.

Sin embargo, también debe mejorarse la gestión de los residuos textiles, fomentar la reparación y alargamiento de la

vida útil, y la reutilización de los envases, especialmente en el sector HORECA (hoteles, restaurantes y cafeterías).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es uno de los resultados del proyecto de investigación y transferencia “Planificación de los residuos urbanos en Huelva”, financiado por la Cátedra de la Provincia de la Universidad de Huelva.

REFERENCIAS

- [1] C. Estay-Ossandon, A. Mena-Nieto, 2018. Modelling the driving forces of the municipal solid waste generation in touristic islands. A case study of the Balearic Islands (2000–2030). *Waste Management* 75, 70–81. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.12.029>
- [2] C. Estay-Ossandon, A. Mena-Nieto, N. Harsch, 2018. Using a fuzzy TOPSIS-based scenario analysis to improve municipal solid waste planning and forecasting: A case study of Canary archipelago (1999–2030). *Journal of Cleaner Production* 176, 1198–1212. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.324>
- [3] A. Mena-Nieto, C. Estay-Ossandon, S. Pereira dos Santos, 2021. Will the Balearics and the Canary Islands meet the European Union targets for municipal waste? A comparative study from 2000 to 2035. *Science of the Total Environment*, 783, 20 August 2021, 147081. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147081>
- [4] C. Estay-Ossandon, A. Mena-Nieto, N. Harsch, M. Bahamonde-García, 2021. Analysis of the key variables that affect the generation of municipal solid waste in the Balearic Islands (2000–2014). In: J.L. Ayuso Muñoz, J.L. Yagüe Blanco, S. Capuz-Rizo (eds) Project Management and Engineering Research. *Lecture Notes in Management and Industrial Engineering*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54410-2_25
- [5] A. Robalino, A. Mena, J.E. García-Ramos, A.A. Golpe, 2015. Studying the relationship between economic growth, CO2 emissions, and the environmental Kuznets curve in Venezuela (1980–2025)” *Renewable and sustainable energy reviews*, 41, 602–614. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.081>
- [6] J.C. Molina, I. Eguía, J. Racero, 2019. Reducing pollutant emissions in a waste collection vehicle routing problem using a variable neighborhood tabu search algorithm: a case study. *TOP Springer*, 27-2, 253-287. <https://doi.org/10.1007/s11750-019-00505-5>

Standardized Remote Laboratories Based on Renewable Energy Sources for REOPEN European University Network

M. Martínez, R. García, F. Segura, J.M. Andújar

Grupo de Investigación de Control y Robótica TEP-192, Departamento de Ingeniería Electrónica, de Sistemas Informáticos y Automática, Universidad de Huelva, Spain
macarena.martinez@diesia.uhu.es

Abstract- This paper presents a prominent e-learning tool that is part of the collaborative European project RE-OPEN (Ref. 2020-1-IT02-KA226-HE-095424). Focused on the European energy transition and the problems derivatives from COVID-19, this project offers an educational tool to bring the digital transition to higher education. To undertake such challenge, the University of Huelva has implemented a remote laboratory based on supercapacitor power bank. This laboratory will help students to acquire knowledge from a distance. As a remote laboratory, it ensures complete accessibility and availability to users from every part in the world, requiring fewer resources and contributing to the democratization of education.

Keywords- Remote laboratory, standardised ICT, European Digital Action Plan, European Green Deal

I. INTRODUCCIÓN

On 11 March 2020, World Health Organization (WHO) elevated the public health emergency situation caused by COVID-19 to an international pandemic. Due to this, on 14 March 2020 a state of alarm was decreed throughout the national territory [1]. Among the restrictions implemented, it is found in home confinement and the suspension of the presence in the classrooms.

This interruption highlights the need to bring the digital transition to the classroom, adapting educational system to the new available technological resources.

Although all educational areas were affected, STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) careers have been particularly affected, as hands-on experiments are crucial parts of science and technology education [2].

Among the different types of laboratories that exist, remote laboratories [3] stand out:

- They are available for the students at the time and place of their choice, as long as there is an internet connection available.
- The user interface can utilize many softwares to make the system available on many platforms, ranging from desktop and laptop PCs, to tablets and smart phones.
- They are beneficial for students who has work besides their studies, are ill, or are otherwise hindered from participating in the laboratory at the times set up by the staff.
- The students can also repeat the laboratory exercises as many times as they desire without any extra assistance required from staff, in order to gain a better understanding and further knowledge.
- Can be shared between universities, and the number of

remote laboratories available for the students can be much higher than the number present at their own university.

A. RE-OPEN Project

In this context, the RE-OPEN project (Remote Laboratories Practical Experiments on renewable energies at EU universities) is framed, an European Erasmus + project that is working to promote the digital transformation of Higher Education by encouraging an easy and constant access to experimental labs on renewable energies at European Union (EU) universities. RE-OPEN is the solution to overcome the challenges of online education by creating an infrastructure of collaborative remote laboratories in EU universities [4].

The incorporation of theoretical lessons on renewable energy subjects will facilitate the implementation of remote laboratories based on renewable energies. These laboratories will facilitate the energy transition, complying with the objectives proposed by the European Green Deal and the Digital Education Action Plan (2021 - 2027).

The European Green Deal, which was published by the European Commission in December 2019, outlines a plan to achieve net greenhouse gas emissions by 2050 in Europe [5]. The proposed actions will definitely affect the energy sector, which will be based on renewable energy sources.

Additionally, the Digital Education Action Plan (2021 - 2027) is a renewed initiative of EU to support a sustainable and effective adaptation of the education and training systems of the EU Member States to the digital age [6].

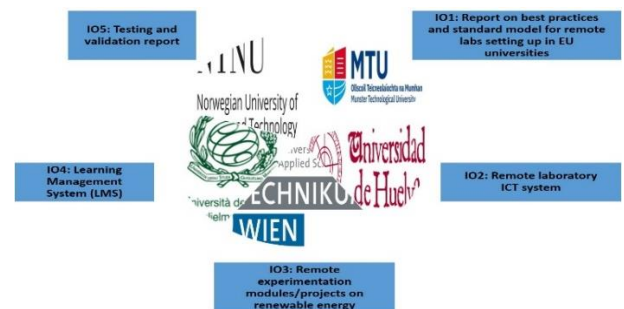


Fig. 1. Intellectual Outputs (IO) of each European university

There are 5 participating universities from 5 Member States, specialized in training in energy technologies that have already adopted innovative training methodologies. The participating EU universities are: Università degli Studi Guglielmo Marconi from Italy as coordinator, Fachhochschule Technikum Wien from Austria, Munster Technological University from Ireland, Norwegian University of Science and

Technology from Norway, the University of Huelva from Spain. Additionally, the project includes the ICT company VJ Technology from Italy [7].

As shown in Fig. 1, each partner is responsible for one Intellectual Output (IO). In a first stage, the Munster Technological University has analysed the results of the questionnaires made to students, professors, and technical staff from the different participating universities. The data obtained is shown in Fig. 2.

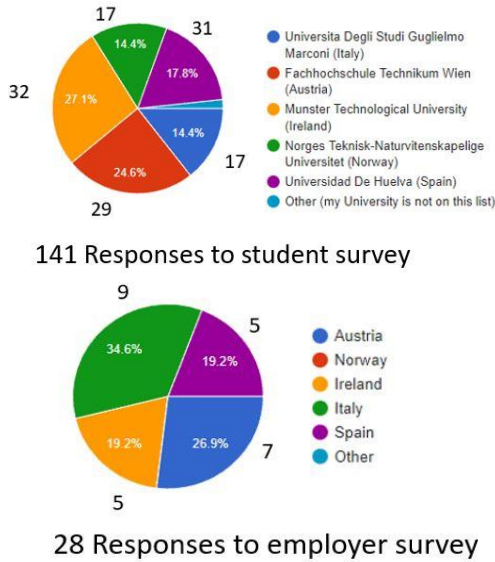


Fig. 2. Survey data collection

The results showed that the University of Huelva is, among the participants, the entity that achieves the best score (4.5/5) in relation to the degree of satisfaction of students and professors in which experimental practices are useful to identify strengths and limitations of theoretical models as predictors of real-world behaviour. Fig. 3 shows the results of the questionnaires.

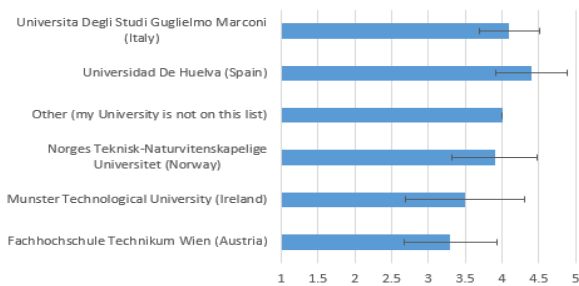


Fig. 3. Results of the questionnaires

The second part of the project is coordinated by the University of Huelva and the activities are: mapping of the hands-on/remote labs in EU universities, designing standard Information and communications technology (ICT) based learning solutions and pedagogical models of remote laboratories (Arduino board, LabView software).

II. SUPERCAPACITORS REMOTE LABORATORY

A. Technical requirements

In this context, the University of Huelva has decided to implement a remote laboratory based on supercapacitor (SC)

power bank, as alternative energy storage system that offers high energy densities and a large capacity for rapid charging and discharging. The objective is to develop a monitoring and control system that allows students to visualize and study the charging and discharging curves of the SC power bank. This remote laboratory is made up by: (1) a real plant based on SC power bank, (2) a communication interface that sends the video signal from the laboratory to a server and allows the communication between the students' computer and the remote laboratory facility, and (3) a user interface integrated into Moodle. In this case, Moodle is used as the Learning Management System (LMS). The experiment is available for students 24 hours a day, 365 days a year, by means of a reservation system, also integrated into the LMS [8].

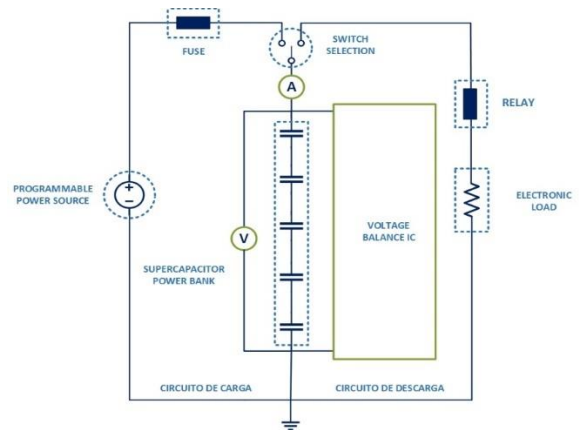


Fig. 4. System architecture

Fig. 4 shows a general diagram of the physical plant. The SC power bank is permanently connected to the acquisition system, measuring the voltage (V) and the current (A) flowing through them. The charging current must be limited below the maximum current supported by the supercapacitor model and the maximum voltage supplied by SC must be limited between 2,1 V and 2,7 V. Respecting the manufacturer's nominal voltage is essential to avoid permanent damage of the equipment or the reduction of its lifetime. Awareness of this issue is key when connecting supercapacitors in series. The main parameters of the plant are shown in Table I.

TABLE I
COMPONENT SPECIFICATIONS

Component	Parameter
Supercapacitor power bank	Capacity: 5000 F
	Surge voltage: 2,85 VDC
	Operating voltage: 2,7 VDC
	Max. Continuous current: 210 A
Programmable power source	Input voltage: 220 VAC
	Output voltage: 0 – 30 VDC
	Output current: 0,1 – 100 A
Resistor power bank	Output power: 3000 W
	Resistance: 1 Ω
Relay module	Power rating on std heatsink @25°C: 200 W
	Normally open interface maximum load: 250 VAC/30 A; 30 VDC/30 A
	Trigger current: 3 mA
Fuse	Working voltage: 12 V
	Rated current: 100 A
Voltage Balance IC	Rated voltage: 500 VAC
	Input Voltage Range : 8 – 24 VDC
	Cell Voltage Detection Range : 2,4V – 3,1VDC

B. System description



Fig. 5. SC remote laboratory. Component layout

Depending on the experiment, the SC power bank (1, Fig. 5) will be connected to the charge or discharge circuit by means of a selector switch (2, Fig. 5). The selector switch will be implemented by an SPDT relay.

For the charging process, a programmable power source (3, Fig. 5) will be used, following the system conditions imposed in Table II. A protection fuse (4, Fig. 5) is included for the charging process. Since it must be programmed remotely, an essential requirement is that it allows serial programming (RS-232 protocol), compatible with the Arduino microcontroller. To ensure equal charging of each SC, a charge regulator (5, Fig. 5) is used which will set 12 VDC on the SC power bank.

In the same way, the discharge circuit connects the SC power bank with an electronic load (6, Fig. 5), in this case formed by a bank of 8 power resistors, and some relay modules as a protection measure.

An Arduino microcontroller (7, Fig. 5) will be used for the control and acquisition system. The user, in this case the student, making use of a computer (8, Fig. 5), will remotely access the laboratory, which he will view through a USB camera (9, Fig. 5) that transmits in real time, located in the physical laboratory. Finally, the student will be able to interact with the system through the user interface (10, Fig. 5).

TABLE II
SYSTEM SPECIFICATIONS

Operating voltage SC: 2,4 VDC
Operating voltage SC power bank: 12 VDC
Charging current: 0 – 100 A
Discharging current: 0 ~ 96 A

C. User interface

The user interface designed for the application is shown in Fig. 6. This interface was developed in LABVIEW, and has been integrated into Moodle, which is used as LMS. The user interface is accessible through a reservation management platform 24 hours a day, 365 days a year.

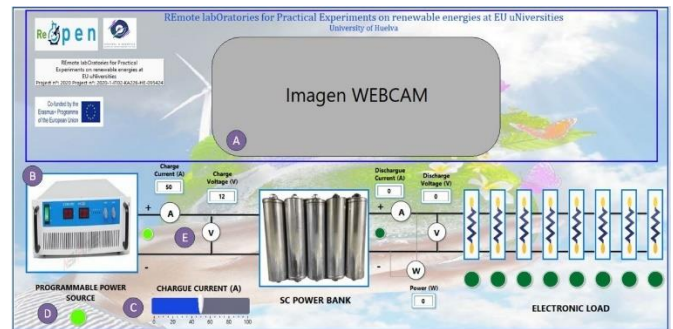


Fig. 6. User interface in LABVIEW (charge)

Attending to the developed user interface, two parts can be distinguished. In the first one, the video image taken from the USB camera (item A, Fig. 6) is displayed. From this picture, students can easily check the operation of the plant, which is necessary in various experiments. The second part of the user interface includes all the controls that the student can use to operate the system. First, the student will turn on the programmable power source (item B, Fig. 6) and then choose the load current (20 A, 40 A, 60 A, 80 A and 100 A) on the slider (item C, Fig. 6). Once charging begins, an indicative green LED (item D, Fig. 6) will light up. The current and voltage values can be viewed on the displays (item E, Fig. 6).

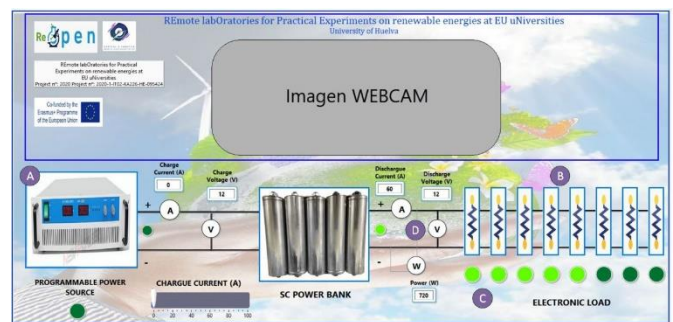


Fig. 7. User interface in LABVIEW (discharge)

Once the SC power bank is charged to 12VDC, the discharge process will begin. Next, the student must turn off the programmable power source (item A, Fig. 7) and choose

the number of resistors (item B, Fig. 7) to turn on to discharge the bank. The discharge current will depend on the number of resistors turned on. Once the download begins, an indicative led will light up (item C, Fig. 7). The current and voltage values can be viewed on the displays (item D, Fig. 7). By clicking on the image of the SC power bank, the student will be able to visualize the different loading and unloading curves that are generated. This screen is shown in Fig. 8.

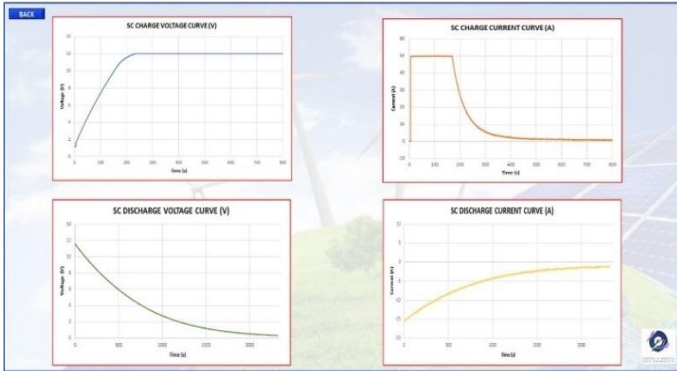


Fig. 8. User interface in LABVIEW (graphs)

III. EXPERIMENTAL RESULTS

In the following section the laboratory practice activities are presented, reporting graphs of real measurements obtained during the remote laboratory tests.

Several tests of charging and discharging of the SC power bank are carried out. Fig. 9 shows the V-I and V-P graphs of the charge of the SC power bank up to 12 VDC with the programmable power source at a charging current of 30 A.

Similarly, Fig. 10 shows the V-I and V-P graphs of the SC power bank discharge down to 0 VDC with a resistor power bank at a discharging current of about 16 A.

LIST OF ACRONYMS

- EU: European Union
- ICT: Information and communications technology
- IO: Intellectual Output
- LMS: Learning Management System
- RE-OPEN: Remote labORatories Practical Experiments on renewable energies at EU uNiversities
- SC: Supercapacitor
- SPDT: Single Pole Double Throw
- STEM: Science, Technology, Engineering and Mathematics
- WHO: World Health Organization

ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been developed under RE-OPEN project Ref. 2020-1-IT02-KA226-HE-095424, found by ERASMUS+ Programme 2020 – KA2.

REFERENCES

- [1] Ministerio de la Presidencia España, “Real Decreto 463/2020, de 14 de marzo, por el que se declara el estado de alarma para la gestión de la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19,” *Boletín Of. del Estado*, vol. 67, pp. 25390–25400, 2020.
- [2] F. J. Vivas *et al.*, “Hy2Green: Remote laboratory of hydrogen technologies as an e-learning tool for training new professionals adapted to the new European energy model,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 53, no. 2, pp. 17556–17563, 2020, doi: 10.1016/j.ifacol.2020.12.2668.
- [3] D. A. H. Samuelsen and O. H. Graven, “Remote laboratories in engineering education - an overview of implementation and feasibility,” no. July 2016, pp. 20–22, 2016, doi: 10.18687/laccei2016.1.1.050.
- [4] “RE-OPEN Project”.
- [5] European Commission, “The European Green Deal,” *Eur. Comm.*, vol. 53, no. 9, p. 24, 2019, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [6] European Commission, “Digital Education Action Plan 2021-2027,” *Eur. Comm.*, p. 20, 2020.
- [7] P. Release, “RE-OPEN: the European Universities network to promote the setting up of Remote laboratories for teaching Renewable Energies,” pp. 1–3, 2021.
- [8] F. J. Vivas *et al.*, “Hy2Green . The Role of Remote Laboratory in Times of Confinement An Example for Education in Hydrogen Technology,” pp. 28–31, 2020.

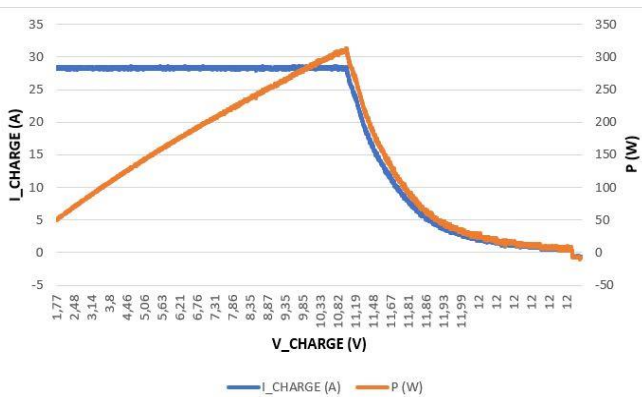


Fig. 9. Experimental V-I and V-P curves of the charging process

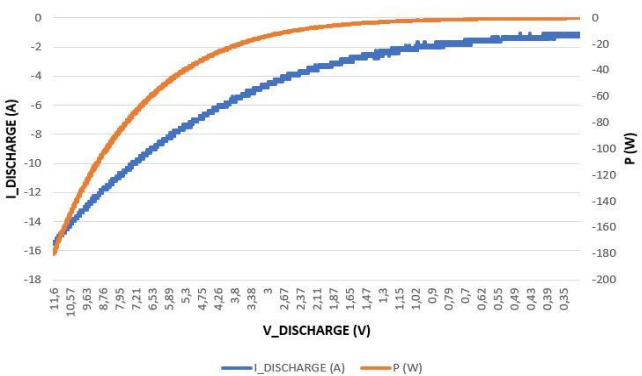


Fig. 10. Experimental V-I and V-P curves of the discharging process

Evaluación de un Sistema de Gestión para la Configuración y Recuperación de Equipos de Red

J.D. Morillo Reina, T.J. Mateo Sanguino

Departamento de Ingeniería Electrónica, Sistemas Informáticos y Automática

Universidad de Huelva

Av. de las Artes, s/n. 21007. Huelva - España

morreijuan@gmail.com, tomas.mateo@diesia.uhu.es

Resumen- Este artículo describe un estudio educacional realizado a un sistema de gestión dedicado a la configuración y recuperación automática de equipos de red. El sistema se compone de un dispositivo portable y un repositorio alojado en la nube que centraliza las tareas de gestión. El sistema ha sido probado con tres grupos de usuarios durante el curso 2020/21 incluyendo tanto alumnos y profesores en centros de enseñanza como profesionales del sector TIC de Andalucía (España). Para ello, se ha utilizado una maqueta con distintos equipos de red simulando escenarios de trabajo utilizados típicamente en redes de comunicaciones. Tras la experimentación se ha obtenido una alta valoración en los cuestionarios de opinión realizados por los grupos de usuarios, lo que confirma la viabilidad del sistema para ser utilizado tanto en entornos educativos como profesionales.

Palabras Clave- Educación en ingeniería, administración, recuperación automática, Raspberry Pi, dispositivo portable, Mikrotik, Cisco

I. INTRODUCCIÓN

Los distintos dispositivos de red —como pueden ser los enrutadores o conmutadores— incluyen un firmware con el que gestionar los distintos servicios de las capas física, enlace y/o red del modelo de referencia OSI [1]. Ejemplos de estas funciones pueden ser la gestión de las tablas de enrutamiento, listas de control de acceso (ACL) o los interfaces de red. En ocasiones, el sistema de arranque o los archivos de configuración se ven comprometidos por un funcionamiento defectuoso del equipo. En estos casos, la mayoría de los fabricantes proporciona procedimientos manuales de recuperación, los cuales requieren un conocimiento profesional sobre los comandos de línea y conexiones específicas a emplear.

Para dar solución a estos problemas, se ha desarrollado DRACSC (Fig.1), acrónimo de dispositivo de recuperación automática y configuración de sistemas de comunicación, junto a un repositorio en la nube para facilitar y centralizar ciertas tareas. Esta solución, que surge como parte de un proyecto educativo ampliamente descrito en [2]-[8], fue introducida en un laboratorio de redes de la Universidad de Huelva, España [3].

Con el objetivo de validar esta solución, DRACSC ha sido probado con profesores y alumnos de distintos centros educativos de formación profesional. Con fines comparativos, el dispositivo ha sido también probado con profesionales del sector TIC permitiendo una doble visión que abarque el ámbito educativo y el profesional.

II. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Como se ha comentado en la introducción, el sistema está compuesto de dos partes. Por un lado, DRACSC es el dispositivo principal que controla los equipos gestionados. Por otro lado, el repositorio en la nube es la plataforma web en la que varios DRACSC pueden trabajar con funciones MACRO de forma centralizada [11]. Dichas funciones representan el punto de unión entre ambas partes.

A. DRACSC

Para conseguir un prototipo basado en componentes de bajo coste se ha utilizado Raspberry Pi 4 Model B, una pantalla TFT resistiva de 5 pulgadas, una memoria microSD (clase 10), un cable de consola de tipo serial a RJ45, un adaptador USBtoRS232, una batería de 4000mAh y una carcasa diseñada e impresa en 3D. En este dispositivo se aloja una aplicación web desarrollada para interactuar con los equipos de forma básica a través de la pantalla táctil. Para emplear funciones avanzadas, el usuario puede conectarse al servidor web del dispositivo a través de un computador o dispositivo móvil.

B. Repositorio en la nube

Su objetivo principal es compartir funciones MACRO entre usuarios desde un lugar centralizado. El repositorio proporciona una forma intuitiva de trabajar en la que es posible comentar las funciones alojadas por otros usuarios, valorarlas a través de un sistema de puntuaciones, descargarlas como archivos XML o comunicarse con distintos sistemas DRACSC a través de una API REST (interfaz de programación de aplicaciones - transferencia de estado representacional).

III. EXPERIMENTACIÓN

Esta sección pretende mostrar las bondades del sistema DRACSC en diferentes escenarios de trabajo. Para ello, se han llevado a cabo pruebas de validación durante el curso académico 2020/21 con 53 estudiantes (edad 18.54 ± 2.8 años, 96.22% hombres y 3.78% mujeres, 67.92% en ciclo formativo de grado medio y 32.08% en ciclo formativo de grado superior); 6 profesores (edad 43.83 ± 5.15 años, 100% hombres); y 30 profesionales del sector TIC (edad 35.1 ± 6.30 años, 93.33% hombres y 6.67% mujeres, 20% con estudios de formación profesional, 53.33% con estudios universitarios y 26.67% con estudios post universitarios).

La maqueta de pruebas utilizada en las pruebas de validación ha consistido en un router D-Link DSR1000N



Fig. 1. Dispositivo DRACSC

conectado a Internet mediante interfaz WAN y al sistema DRACSC mediante interfaz WLAN (Fig. 2). Dicha maqueta se ha conectado a un equipo gestionado para realizar la tarea de recuperación de contraseña (i.e., router Cisco 800) y a un segundo equipo para realizar la tarea de configuración de una interfaz de red (i.e., router Mikrotik hAP lite). Todos los grupos de estudio siguieron un mismo protocolo de actuación durante la experimentación tal como se indica en los pasos descritos a continuación (i.e., formación, experimentación y opinión).

A. Introducción al sistema DRACSC

Se realizó una breve presentación del sistema DRACSC, el repositorio y el concepto de función MACRO. Para cada uno de los elementos se describieron ejemplos de distintos casos de uso aplicables. El tiempo de formación llevó 15 minutos.

B. Experimentación con casos de uso

Se definieron cuatro tareas y se dio una breve explicación sobre el objetivo de cada una de ellas.

1) Tarea 1

Esta actividad consistió en aprender a iniciar una conexión interactiva con un equipo gestionado a través del terminal de consola del DRACSC. Para ello, se explicó cómo acceder al servidor web alojado en el sistema DRACSC a través de la WLAN. Después, el usuario debía conectarse al router Cisco 800 a través del puerto de consola del DRACSC, iniciar sesión y establecer comunicación. La actividad finalizaba cuando el usuario comprobaba que la contraseña del equipo gestionado le era desconocida. El tiempo estimado para llevar a cabo la tarea requirió típicamente 2 minutos, mientras la explicación introductoria fue de 5 minutos.

2) Tarea 2

Esta actividad era una continuación de la tarea anterior y consistía en restablecer la contraseña del router Cisco 800. Para ello, el usuario debía aprender a ejecutar una función MACRO desde la pantalla táctil del DRACSC. En concreto, los pasos consistían en seleccionar la función “Recuperar contraseña router Cisco” en el sistema DRACSC, reiniciar el equipo gestionado para entrar en el modo ROMMON y lanzar la función MACRO. Una vez restaurada, se debían repetir los pasos de la tarea 1 para comprobar que se había establecido una nueva contraseña en el equipo gestionado. Típicamente,

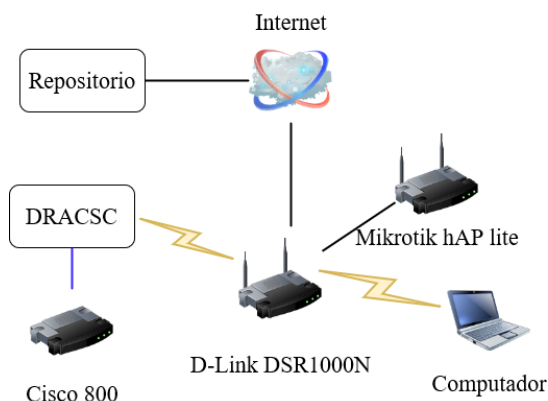


Fig. 2. Interacción entre el sistema DRACSC, el repositorio en la nube y los equipos gestionados

la explicación llevó 8 minutos, mientras la ejecución y comprobación del equipo gestionado llevó 4 minutos.

3) Tarea 3

Esta actividad consistió en aprender a crear una función «MACRO Estándar» desde el repositorio web para cambiar la configuración de red de la interfaz de un equipo gestionado (i.e., Mikrotik). Para ello, los usuarios se conectaron al dominio web del repositorio, utilizaron las credenciales de acceso y navegaron hasta el listado de funciones MACRO. En el menú horizontal pulsaron la opción “importar” y seleccionaron una función MACRO facilitada para agilizar la tarea. Luego, se inició el asistente de creación/importación de funciones del sistema DRACSC. La explicación llevó 5 minutos, mientras la ejecución de la tarea llevó 2 minutos.

4) Tarea 4

Esta actividad tuvo como objetivo que el usuario profundizara en la comunicación entre un sistema DRACSC y el repositorio web. Para ello, se utilizó la función «MACRO Estándar» creada en la tarea anterior y se ejecutó a través del servicio web del sistema DRACSC. Los pasos de la tarea consistieron en acceder al servicio web del DRACSC, abrir el menú ‘MACRO’, seleccionar la opción ‘importar’, acceder a la tabla de funciones MACRO disponibles en el repositorio y almacenarla en el sistema DRACSC. Una vez importada, desde el menú se debía seleccionar el apartado ‘dispositivos’ y en el submenú seleccionar ‘ejecutar MACRO’. Ello iniciaba un asistente para establecer los parámetros de la función MACRO del dispositivo y ejecutarla vía SSH. Para ello, el equipo gestionado (i.e., Mikrotik) debía estar previamente conectado a la red con el servidor SSH operativo. Esta actividad requirió 5 minutos de explicación y 3 minutos de ejecución.

C. Evaluación educacional

La tabla I muestra la encuesta diseñada para valorar la opinión de los usuarios sobre el sistema DRACSC. El estudio aborda diferentes aspectos educacionales divididos en cuatro áreas temáticas: “conocimiento / aprendizaje” con el objetivo de identificar el nivel de conocimiento de los usuarios en el área TIC y la utilidad del sistema para la docencia (Q1-Q5); “interés / motivación” con el fin de conocer el beneficio que el sistema tiene para el aprendizaje (Q6-Q10); “usabilidad / practicidad” con el objetivo de conocer la prestación sobre el trabajo llevado a cabo con el sistema DRACSC (Q11-Q16); y “resultados / viabilidad” con el objetivo de medir la opinión

TABLA I
CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE DRACSC

Pregunta	Conocimiento/Aprendizaje	Students	Teachers	Experts
Q1	Nivel de conocimiento previo sobre redes de datos	3.20 ± 1.03	3.66 ± 0.52	3.77 ± 0.69
Q2	El sistema permite trabajar con conceptos teóricos ya conocidos	3.69 ± 0.84	3.83 ± 0.41	4.07 ± 0.48
Q3	El sistema consigue que sean adquiridos nuevos conocimientos teóricos	4.07 ± 0.71	4.00 ± 0.63	4.11 ± 0.89
Q4	Los conceptos teóricos se aprenden estudiando y el uso del sistema dificulta el aprendizaje	2.84 ± 1.17	2.00 ± 1.73	1.76 ± 1.09
Q5	Mi nivel de confianza para trabajar con redes de datos mejoró después de utilizar esta herramienta	3.55 ± 0.82	3.83 ± 0.98	4.11 ± 0.70
Interés / motivación				
Q6	El uso de la herramienta promueve la motivación y el interés por las redes	4.31 ± 0.75	4.50 ± 0.55	4.74 ± 0.44
Q7	Crear mis propias soluciones Macro influye en la motivación y el interés	4.04 ± 0.96	4.50 ± 0.55	4.70 ± 0.54
Q8	El uso de un repositorio web promueve la motivación y el interés en la herramienta	3.98 ± 0.79	4.67 ± 0.52	4.74 ± 0.52
Q9	La independencia de la solución respecto a fabricantes de equipos promueve la motivación y el interés en la herramienta	3.85 ± 1.02	4.67 ± 0.82	4.52 ± 0.64
Q10	En un futuro crearé algún proyecto personal utilizando componentes low-cost	3.48 ± 1.20	3.12 ± 1.60	3.07 ± 1.30
Usabilidad / Practicidad				
Q11	La información facilitada para el uso de la herramienta es suficiente	3.89 ± 0.72	3.67 ± 1.21	4.26 ± 0.81
Q12	El nivel de interactividad del sistema es apropiado	3.98 ± 0.92	4.33 ± 0.52	4.67 ± 0.48
Q13	La apariencia de la interfaz del sistema es atractiva	3.81 ± 0.96	4.33 ± 0.52	4.23 ± 0.76
Q14	Los menús de la herramienta presentan una estructura clara e intuitiva	4.17 ± 0.69	4.33 ± 0.52	4.33 ± 0.48
Q15	La herramienta no ha presentado problemas técnicos durante el desarrollo de los casos de usos	3.52 ± 1.11	3.20 ± 1.33	4.07 ± 0.48
Q16	La portabilidad es una característica importante	4.39 ± 0.86	5.00 ± 0.00	4.89 ± 0.32
Resultados / Viabilidad				
Q17	Las funcionalidades que permite el sistema son útiles	4.30 ± 0.86	4.83 ± 0.41	4.89 ± 0.42
Q18	El concepto de Macro es útil para la configuración de equipos	4.31 ± 0.84	4.83 ± 0.41	4.89 ± 0.32
Q19	El sistema permite ahorrar tiempo y esfuerzo en las tareas desarrolladas	4.33 ± 0.73	5.00 ± 0.00	5.00 ± 0.00
Q20	La herramienta es viable para su puesta en práctica en el contexto educativo	4.09 ± 0.85	3.83 ± 0.75	4.44 ± 0.75
Q21	Usaría esta herramienta en un entorno profesional	4.22 ± 0.96	4.20 ± 0.98	4.55 ± 0.66
Q22	Mi evaluación general sobre la herramienta es positiva	4.41 ± 0.81	4.33 ± 0.52	4.70 ± 0.47

general sobre el sistema (Q17-Q22). A partir de los comentarios recibidos por los usuarios, destacan dos características principales. Por un lado, la portabilidad como característica distintiva y por otro el potencial que tiene el sistema propuesto tanto para el ámbito educativo como para el profesional.

Para obtener una visión general del conjunto de respuestas, se han generado gráficos de líneas que comparan por un lado las respuestas de los distintos grupos de estudio, y por otro lado las de los alumnos de los distintos institutos. Para la comparación entre los grupos de estudio (Fig. 3), se puede observar que entre respuestas de los distintos grupos existe cierta similitud tendencial. Así como en Fig. 4, donde se realiza la comparativa entre las respuestas de los alumnos de los distintos institutos, donde establece un patrón altamente similar entre las líneas.

Por último, si las cuestiones son analizadas en función del campo temático (i.e., aprendizaje, motivación, usabilidad y viabilidad), se puede observar que la puntuación de los profesionales del sector siempre fue la más alta (Fig. 5). Contrariamente, se puede observar que los estudiantes fue el grupo de usuarios que menos puntuación dio en las encuestas en general, salvo en el bloque sobre “viabilidad” donde los profesores dieron una puntuación ligeramente inferior. Cabe mencionar que Q1 y Q4 no han sido incluidas en la barra sobre “aprendizaje” al ser preguntas independientes del sistema estudiado.

IV. CONCLUSIONES

Con el objetivo de facilitar la administración de equipos de comunicación, se presenta un dispositivo portable que automatiza la gestión de configuraciones y la recuperación de desastres en equipos de red.

El prototipo —denominado DRACSC— ha sido implementado mediante una solución hardware/software de bajo coste basada en Raspberry Pi 4 Model B. Este sistema ha sido probado sobre equipos gestionados incluyendo enrutadores de los fabricantes Cisco y MikroTik, aunque extensibles a otros. Además, se ha interactuado con un repositorio centralizado en la nube, facilitando las tareas de administración de funciones MACRO.

Para los entornos docentes y profesionales para los que está diseñado el sistema DRACSC, la puntuación promedio obtenida con estudiantes, profesores y profesionales del sector TIC ha sido 3.78 ± 0.88 , 3.88 ± 0.67 y 4.09 ± 0.71 en el bloque de “conocimiento / aprendizaje”, lo que indica su utilidad como herramienta de enseñanza. En el bloque sobre “interés / motivación” se obtuvo una valoración de 3.93 ± 0.94 , 3.92 ± 0.93 y 4.37 ± 0.69 para estudiantes, profesores y profesionales, lo que indica el gran potencial de este sistema para ayudar a trabajar con equipos gestionados y hacer más

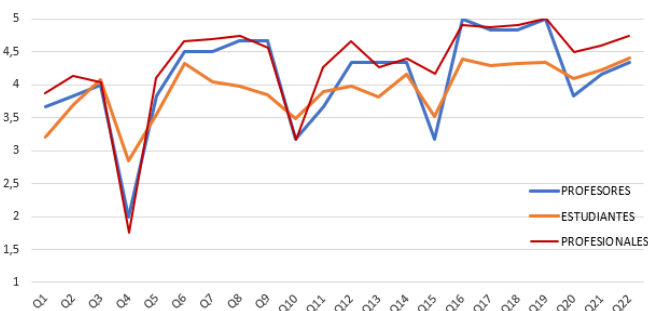


Fig. 3. Resultados comparativos entre estudiantes, profesores y expertos

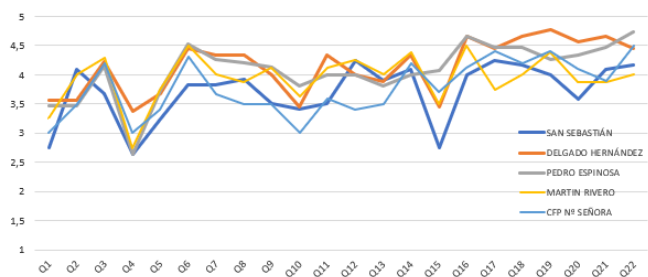


Fig. 4. Resultados comparativos entre estudiantes de diferentes institutos de formación profesional

amena las tareas relacionadas. En el bloque sobre “usabilidad / practicidad” se obtuvo una puntuación de 3.96 ± 0.88 , 3.97 ± 0.86 y 4.4 ± 0.63 para estudiantes, profesores y profesionales, destacando el ahorro de tiempo empleado en realizar distintas configuraciones y centralizarlas en un solo sistema. En “resultados / viabilidad” se obtuvo una valoración de 4.28 ± 0.84 , 4.27 ± 0.82 y 4.77 ± 0.43 para estudiantes, profesores y profesionales, quedando de manifiesto que todos los grupos están de acuerdo que esta herramienta tiene potencial en el contexto educativo y profesional.

Con respecto al trabajo futuro, por un lado, se abordará tanto la cuestión de género como el número de profesores para analizar posibles desviaciones del estudio. Por otro lado, los desarrollos actuales están centrados en obtener mayor difusión y aceptación del sistema DRACSC por parte de los usuarios.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo ha sido posible gracias a la colaboración de los institutos: I.E.S. San Sebastián (Huelva), I.E.S. Delgado Hernández (Bollullos Par Condado), I.E.S. Pedro Espinosa (Antequera), I.E.S. Martín Ribero (Ronda) y C.F.P.E. Nª Señora de las Mercedes (Bollullos Par Condado) así como de todos los profesionales del sector que han participado en esta investigación.

REFERENCIAS

[1] Glen E. Clarke, “*CompTIA Network+ Certification Study Guide*”, McGraw Hill Professional, 2018.
 [2] T.J. Mateo Sanguino, I.J. Fernández de Viana González, J. Espejo Fernández, and A. García Domínguez, “Using Identity Provider and Automatic Resource Management to Improve a Remote Networking Lab,” *IEEE Latin American Transactions*, vol. 16(5), pp. 1547-1556, 2018.

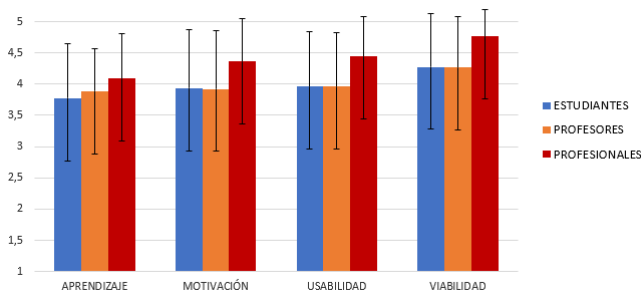


Fig. 5. Resultados comparativos entre estudiantes, profesores y expertos agrupados por temática

[3] J.D. Morillo Reina, T.J. Mateo Sanguino, “Portable Device for Easy Management and Automatic Recovery of Networking Systems” *IEEE Latin America Transactions*, vol. 17(03), pp. 401-408, 2019.
 [4] T.J. Mateo Sanguino, et al., “OpenGnSys: a Novel System toward Centralized Deployment and Management of Computer Laboratories,” *Computers & Education*, 75, pp. 30-43, 2014.
 [5] D. Pardo Garrido, et al., “OpenGnSys: un Sistema de Gestión Centralizada y Despliegue de Sistemas Operativos en el Aula,” *Proc. 8th Iberian Conf. Information Systems and Technologies*, pp. 295-301, 2013.
 [6] T.J. Mateo Sanguino, et al., “The Role of Telematic Practices in Computer Engineering: a Low-cost Remote Power Control in a Network Lab,” *Intern. J. Online Engineering*, 8(2), pp. 15-22, 2012.
 [7] J.M. Andújar Márquez, and T.J. Mateo Sanguino, “Design of Virtual and/or Remote Laboratories. A Practical Case,” *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 7(1), pp. 64-72, 2010.
 [8] T.J. Mateo Sanguino, I.J. Fernández de Viana González, E. Cortés Ancos, J. Espejo Fernández, “Exploring Strengths and Weaknesses: a Case Study After Developing a Remote Network Lab,” *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 26, pp. 1422-1434, 2018.
 [9] J.D. Morillo Reina, , T.J. Mateo Sanguino, “WADC. Enfoque Open Source para la Automatización de Sistemas y Redes,” Conference: III Jornadas ScienCity 2020. Fomento de la Cultura Científica, Tecnológica y de Innovación en Ciudades Inteligentes, Huelva, Spain, 2019.

Sustainable Urban Race, Promoción de las Enseñanzas Técnicas en Tiempos de Pandemia

Educación Digital

Pino Fernández, J., Ruiz Castilla, D., Millan Prior, B., Ceada Garrido, Y., Ríos Gutiérrez, J., Barragán Piña, J., Enrique Gómez, J.M., Tejada Guzmán, D., Mesa Alcocer, M.S., Andújar Márquez, J.M.

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

joaquin.delpino@diesia.uhu.es, daniel.ruiz@diesia.uhu.es, borja.millan@diesia.uhu.es,
yolanda.ceada@sc.uhu.es, rios@uhu.es, antonio.barragan@diesia.uhu.es, juanm.enrique@diesia.uhu.es,
diego.tejada@diesia.uhu.es, moises.mesa@diesia.uhu.es, andujar@uhu.es

Resumen- El Proyecto Sustainable Urban Race (SUR) o competición de vehículos solares de la Universidad de Huelva tiene como objetivo principal fomentar el estudio de enseñanzas científico-técnicas en alumnos de ESO, Bachillerato y Formación Profesional. Como punto final al proyecto, se celebra una competición en el Campus de “El Carmen” de la Universidad de Huelva, sin embargo, debido a la situación excepcional del sistema educativo debido a la pandemia de la COVID-19, no fue posible celebrar la prueba en su formato normal, estando enmarcado además en un contexto sin precedentes en la promoción de las enseñanzas técnicas en los centros educativos. Este trabajo tiene por objetivo estudiar el alcance del Proyecto Sustainable Urban Race (SUR) a nivel educativo y social, durante la pandemia, analizando entre otros las interacciones en redes sociales del proyecto, concluyendo que, a pesar de las dificultades, las iniciativas innovadoras como SUR no solo son posibles en estas condiciones, sino que, gracias a las técnicas utilizadas, es posible mejorar el impacto de ediciones anteriores.

Palabras Clave- innovación educativa, aprendizaje basado en proyectos, educación secundaria, enseñanzas técnicas, Covid-19.

I. INTRODUCCIÓN

El fomento del aprendizaje autónomo por parte del alumno es uno de los objetivos perseguidos por el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) [1], para ello los métodos utilizados deben enfatizar el autoestudio, el trabajo de orientación, la conexión entre la teoría y la práctica, el trabajo con métodos realistas, la colaboración y el aprendizaje en grupo tanto como sea posible. Sin embargo, para la consecución de estos objetivos, estos deben ser introducidos a los estudiantes en edades tempranas.

En este sentido, el proyecto Competición de vehículos solares para el fomento de las vocaciones científico-técnicas – S.U.R. (Sustainable Urban Race) y que en el año 2021 se ha celebrado la sexta edición, pudo constatar el alto grado de participación de estudiantes y docentes en el diseño y fabricación de vehículos, gracias al contacto directo de los sujetos de investigación. Este hecho repercute en un mejor rendimiento de los discentes en el aprendizaje de las enseñanzas científico-técnicas en sus respectivos estudios.

El proyecto surge desde el grupo de investigación Control y Robótica (TEP192), perteneciente al Centro de Investigación en Tecnología, Energía y Sostenibilidad (CITES), de la Universidad de Huelva, con la idea de

incentivar a los alumnos y alumnas de ESO, Formación Profesional y Bachillerato del suroeste peninsular (Huelva, Badajoz y el Algarve portugués) a estudiar enseñanzas científico-técnicas, así como acercar la ciencia, la tecnología y la innovación a estudiantes no universitarios [2].

SUR reta a los participantes a diseñar y construir a lo largo del curso escolar un vehículo eléctrico (Fig. 1), alimentado por energía solar, capaz de transportar al menos a una persona en entorno urbano. Además, una vez construido participarán junto al resto de equipos inscritos, en una competición con el vehículo creado.

En este escenario, el grupo de investigación “Control y Robótica” TEP - 192, propuso la aplicación de tres actuaciones:

En primer lugar, implantar la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), como una forma eficaz para la enseñanza, además de desarrollar competencias transversales, pues logra una gran motivación del alumnado y un alto grado de asimilación de contenidos.



Fig. 1. Alumnos trabajando en distintos aspectos del proyecto

Desde el surgimiento del ABP durante la primera década del siglo XVI en los campos de la Arquitectura e Ingeniería [3], esta metodología no sólo se ha mantenido en uso, sino que se ha adaptado a la práctica educativa a lo largo del tiempo,

extendiéndose al resto de disciplinas. El ABP ha demostrado ser eficaz para el aprendizaje, especialmente en el ámbito científico-técnico [4][5]. La verdadera fortaleza del ABP radica en los efectos sobre la motivación y el compromiso de los y las estudiantes [6][7], ya que el ABP permite a los y las discentes adquirir conocimientos y habilidades clave a través de proyectos que responden a problemas de la vida real, lo que supone un mayor compromiso y motivación de los alumnos y alumnas [8][9].

En segundo lugar, facilitar a los centros educativos participantes un kit de desarrollo compuesto por los paneles solares, las baterías, el motor y la centralita que gobierna todo el vehículo.

Por último, tutorizar cada centro con visitas periódicas, para resolver dudas y ofreciendo cursos de formación a los y las docentes participantes.



Fig. 2. Conclusión del proyecto en su formato normal (prepandemia), día de competición

Sin embargo, debido a la crisis sanitaria provocada por la COVID-19, se produjo la suspensión de la actividad educativa presencial en el último trimestre del curso 2019-2020, junto con las adaptaciones en la escolarización del curso 2020-2021, lo cual supuso una situación excepcional en el sistema educativo, incidiendo principalmente en la práctica educativa, evaluación y promoción del alumnado [10].

La singularidad del curso 2020-2021 y las medidas de seguridad sanitaria establecidas han afectado al desarrollo del Proyecto S.U.R., que no ha podido llevarse a cabo como en anteriores ediciones (Fig. 2), afectando a las etapas de desarrollo del proyecto, a las pruebas realizadas por los equipos participantes y a la forma de evaluación, las cuales han tenido que adaptarse a un formato con menor presencialidad.

Este trabajo tiene por objetivo presentar cómo se ha adaptado el Proyecto S.U.R. a la pandemia mundial de la COVID-19, evaluar su impacto social y la consecución de los objetivos del proyecto.

II. MÉTODO DE TRABAJO

El método de trabajo consistió en la realización de un análisis de los aspectos más relevantes del proyecto durante las ediciones anteriores a la pandemia (2018 y 2019), y las posteriores (2020 y 2021).

Dicho análisis cotejó las variaciones realizadas por los organizadores en las tres fases del proyecto. La primera etapa es una reunión técnica, que consiste en un acto de bienvenida para presentar los reglamentos, las pruebas y los estándares de

evaluación. La segunda fase es la construcción del vehículo (Fig. 3), la cual abarca casi todo el curso escolar. En esta fase se realizan visitas a los centros para resolver preguntas sobre la construcción de los vehículos y brindar cursos de capacitación para el profesorado ayudándolos a resolver los desafíos y dudas con la construcción del vehículo. Finalmente, la tercera fase es la competición pública y la repercusión de ésta en medios de comunicación y redes sociales.



Fig. 3. Alumnos desarrollando el vehículo ideado

Para este estudio los datos se extrajeron de las memorias justificativas que los organizadores realizan cada año, de la página web del proyecto y de los perfiles en las redes sociales del proyecto.

III. RESULTADOS

Tras el análisis de las ediciones del proyecto y el cotejo de los datos relacionados con las fases y la metodología empleada para la construcción del vehículo, se observan los primeros resultados mostrados en la Tabla 1.

Como podemos observar en la Tabla 1, las diferencias más significativas son el número de equipos, en la edición de 2020 no se pudo aplicar la metodología ABP y la presencialidad de las pruebas, las cuales en la edición de 2021 se ha intentado retomar, aunque de una forma que fueran segura para los estudiantes, por tanto, estas se realizaron en los centros educativos de cada participante, ya que al ser centros con sus clases burbujas era posible mantener la seguridad.

En cuanto a los patrocinios obtenidos por el proyecto, provenientes tanto de entidades públicas como privadas, tal y cómo puede observarse en la Fig. 4 y la Tabla 2, casi no ha tenido variación en las ediciones pre y post pandemia. Donde si ha habido un cambio sustancial, es en el patrocinio obtenido del grupo de investigación, debido sobre todo a la disminución de proyectos obtenidos a causa de la pandemia.

Por otro lado, tal y como se puede apreciar en las Fig. 5 y 6, el proyecto ha ido adquiriendo con el tiempo mayor repercusión mediática, especialmente tras la pandemia, aumentando el número de interacciones en redes sociales (YouTube, Facebook y Twitter).

Estas interacciones vienen impuestas por la modalidad elegida. Un ejemplo claro es el vídeo de presentación del proyecto realizado por cada centro, se observa que anteriormente a la pandemia, este vídeo era visionado únicamente por el jurado, pasando posteriormente a la

TABLA I
COMPARACIÓN DE LA COMPETICIÓN A LO LARGO DE LOS AÑOS

	Edición 2018	Edición 2019	Edición 2020	Edición 2021
Fase 1: Jornadas Técnicas Objetivos: presentar el reglamento, inscribir participantes, y debatir (pruebas, métodos de puntuación y posibles detalles a mejorar)	<ul style="list-style-type: none"> Fecha: 01/02/2018 Lugar: Facultad de Derecho (Universidad de Huelva) Asistentes: 50 (aproximadamente) 	<ul style="list-style-type: none"> Fecha: 11/12/2018 Lugar: Escuela Técnica Superior de Ingeniería (Universidad de Huelva) + retransmisión online en directo Asistentes: 50 (aprox.) 	<ul style="list-style-type: none"> Fecha: 21/11/2019 Lugar: Escuela Técnica Superior de Ingeniería (Universidad de Huelva) Asistentes: 50 (aprox.) 	<ul style="list-style-type: none"> Fecha: 11/02/2021 Lugar: Online Asistentes: 20 (aprox.)
Fase 2: Construcción Vehículo La fase de construcción del vehículo es la más duradera, abarca todo el curso escolar. Durante esta fase los participantes deben construirlo y resolver los retos técnicos propuestos por la	<ul style="list-style-type: none"> Duración (meses): 4 Centros Inscritos: 15 Visitas a cada centro: 2 Otras formas de contacto: correo electrónico y teléfono. 	<ul style="list-style-type: none"> Duración (meses): 5 Centros Inscritos: 16 Visitas a cada centro: 2 Otras formas de contacto: correo electrónico y teléfono. 	<ul style="list-style-type: none"> Duración (meses): 12 Centros Inscritos: 23 Visitas a cada centro: 0 Otras formas de contacto: mail, teléfono, whatsapp y videoconferencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Duración (meses): 4 Centros Inscritos: 17 Visitas a cada centro: 1 Otras formas de contacto: mail, teléfono, whatsapp y videoconferencia.
Fase 3: Competición Pública Concurso público con los vehículos construidos por estudiantes, puntuaciones a través del jurado y la realización de varias pruebas de pista.	<ul style="list-style-type: none"> Fecha: 01/06/2018 Lugar: Campus El Carmen (Universidad de Huelva). Equipos participantes: 15 Asistentes: 3000 (aprox.) Pruebas efectuadas: 4 (valoración del jurado mediante video visionado sólo por el jurado + 3 pruebas de pista: maniobrabilidad, eficiencia y velocidad) Equipos premiados: 6 	<ul style="list-style-type: none"> Fecha: 30/05/2019 Lugar: Campus El Carmen (Universidad de Huelva). Equipos participantes: 15 Asistentes: 1000 (aprox.) Pruebas efectuadas: 4 (valoración del jurado mediante video visionado sólo por el jurado + 3 pruebas de pista: maniobrabilidad, eficiencia y velocidad) Equipos premiados: 8 	<ul style="list-style-type: none"> Fecha: 27/11/2020 Lugar: Online - Espacio: Noche Europea de Investigador@s. Equipos participantes: 14 Asistentes: presencialidad 0, interacciones en redes sociales. Pruebas efectuadas: 1 (mayor número de "me gusta" al video de presentación del equipo). Equipos premiados: 2 	<ul style="list-style-type: none"> Fecha: 01/06/2021 Lugar: Online Equipos participantes: 17 Asistentes: presencialidad 0, interacciones en redes sociales. Pruebas efectuadas: 3 (video del proyecto de cada centro en redes sociales. Video de eficiencia y video de maniobrabilidad sólo para el jurado) Nº Equipos premiados: 3
Metodología de aprendizaje empleada	<ul style="list-style-type: none"> Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) 	<ul style="list-style-type: none"> ABP 	<ul style="list-style-type: none"> ABP (no durante el confinamiento y clases online). 	<ul style="list-style-type: none"> ABP

COVID-19, expuesto en las redes sociales para su visionado por el público en general, motivo por el cual dicha interacción ha aumentado considerablemente tal y como se puede apreciar en la Fig. 6.

Por otro lado, se observa que las fases del proyecto a partir de 2020 (fecha en la que se inicia la pandemia) se han adaptado a la modalidad online, especialmente aquellas que suponen mayor concentración de personas, como son las jornadas técnicas y la competición, donde pruebas como maniobrabilidad, eficiencia y velocidad pasaron a ser expuestas al jurado mediante videos.

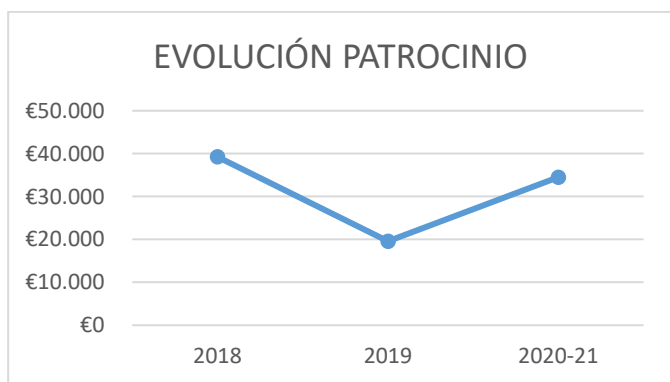


Fig. 4. Evolución del patrocinio pre y postpandemia

TABLA II
FINANCIACIÓN DE DIFERENTES ENTIDADES PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO SUR

	2018	2019	2020 - 2021
Junta de Andalucía			6300
Entidades públicas y privadas	19050	17683	15680
Grupo de Investigación TEP-192	10200	1900	4000
FECYT	10000		8500
TOTAL	39250	19583	34480

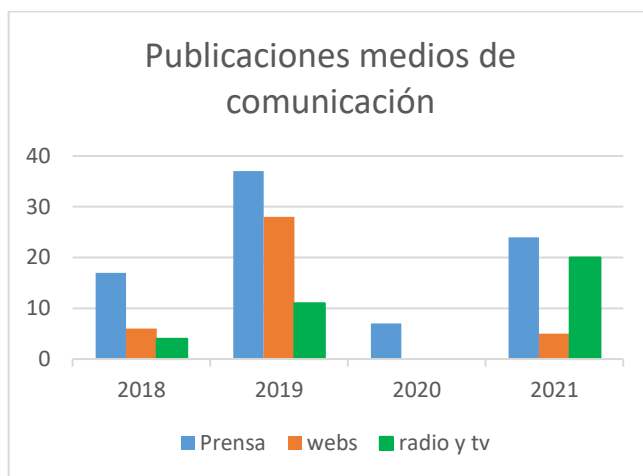


Fig. 5. Evolución de las publicaciones en medios de comunicación.

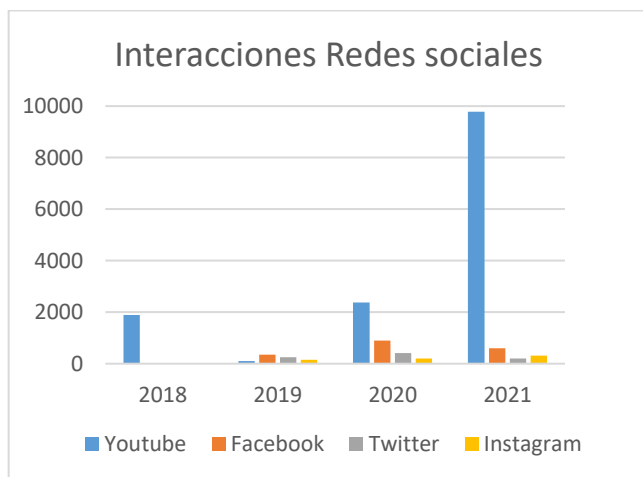


Fig. 6. Evolución de las interacciones en redes sociales

En cuanto a la metodología de ABP se ha mantenido a lo largo de las cuatro ediciones, con la salvedad del periodo comprendido entre el confinamiento domiciliario y la suspensión de las clases presenciales.

IV. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha comprobado que el ABP favorece el aprendizaje del alumnado incluso en condiciones contextuales como la pandemia mundial en la que vivimos. En resumen, se reconoce que la principal ventaja del ABP radica en su capacidad de motivación y deja que los estudiantes participen en el aprendizaje. Sin embargo, aunque existen evidencias de factores que interfieren con el éxito de esta metodología, es necesario ampliar la investigación que sustente y correlacione estos factores, brindando así una visión integral. Además, en base a los datos presentados, se concluye que, a pesar de las dificultades vinculadas a la situación de pandemia mundial, los organizadores del proyecto SUR y sus participantes han sabido adaptarse a la nueva situación de distanciamiento social y no presencialidad, sufrida por la comunidad educativa y la sociedad en general, manteniendo la ilusión y las ganas de aprender del alumnado a través de este proyecto innovador.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución del Proyecto Sustainable Urban Race (SUR) de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) del Ministerio de Ciencia e Innovación (Nº: FCT-19-14492 y FCT-20-15499) y el Grupo de Control y Robótica del Universidad de Huelva (España). También se ha recibido financiación por parte de la Ayuda IJC2019-040114-I, financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por “FSE Invierte en tu futuro”.

REFERENCIAS

- [1] A. J. Barragán Piña, J. Andújar Márquez, Y. Ceada Garrido, and E. Irigoyen, “Aprendizaje colaborativo e interinstitucional en entornos virtuales,” *researchgate.net*, pp. 248–252, 2013, doi: 10.13140/RG.2.1.4101.8003.
- [2] J. M. Enrique et al., “SUSTAINABLE URBAN RACE, UNA PROPUESTA PARA EL FOMENTO DE VOCACIONES CIENTIFICO-TÉCNICAS,” 2018, Accessed: Dec. 06, 2021. [Online]. Available: www.carrerasolar.com.
- [3] M. Knoll, “The project method: Its vocational education origin and international development,” 1997, Accessed: Dec. 07, 2021. [Online]. Available: https://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JITE/v34n3/Knoll.html?ref=psw_eboffice.com.
- [4] D. Mioduser, N. Betzer, D. M. Ae, and N. Betzer, “The contribution of Project-based-learning to high-achievers’ acquisition of technological knowledge and skills,” *Int. J. Technol. Des. Educ.* 2006 181, vol. 18, no. 1, pp. 59–77, Jan. 2007, doi: 10.1007/S10798-006-9010-4.
- [5] M. P. Sánchez González, “Técnicas docentes y sistemas de evaluación en Educación Superior,” Narcea Ediciones, vol. 26, 2010, Accessed: Dec. 07, 2021. [Online]. Available: <https://revistas.um.es/educatio/article/download/120031/112991/0>.
- [6] R. K. Chowdhury, “Learning and teaching style assessment for improving project-based learning of engineering students: A case of United Arab Emirates University,” *Australas. J. Eng. Educ.*, vol. 20, no. 1, pp. 81–94, Jan. 2016, doi: 10.7158/D13-014.2015.20.1.
- [7] A. Kolmos, “Premises for Changing to PBL,” *Int. J. Scholarsh. Teach. Learn.*, vol. 4, no. 1, p. 4, Jan. 2010, doi: 10.20429/ijstl.2010.040104.
- [8] J. K. Robinson, “Project-based learning: improving student engagement and performance in the laboratory,” *Anal. Bioanal. Chem.* 2012 4051, vol. 405, no. 1, pp. 7–13, Oct. 2012, doi: 10.1007/S00216-012-6473-X.
- [9] G. N. A. Sukerti, N. N. Yuliantini, and K. Y. Susana, “Students’ Voices and Choices in Project-Based Learning: Driving Engagement through Essay Writing and Infographic Design,” pp. 607–618, Oct. 2018, doi: 10.2991/ICSS-18.2018.122.
- [10] Y. Ceada Garrido, D. Ruiz Castilla, J. Pino Fernández, and B. Millán Prior, “Proyecto Sustainable Urban Race: innovación educativa en tiempos de pandemia,” *Adaya Press*, vol. 31, no. 2, pp. 293–296, 2011.

Toma de Datos y Modelado de un Vehículo Eléctrico para Ensayo de Estrategias de Carga con Paneles Fotovoltaicos a Bordo

Juan Ríos, Juan Manuel Enrique, Moisés Mesa, Borja Millán, Macarena Martínez, Jair Amaro, Joaquín del Pino, Daniel Ruiz, Diego Tejada, José Gamero, José Manuel Andújar, Javier Barragán
 Centro de Investigación en Tecnología, Energía y Sostenibilidad (CITES)
 Universidad de Huelva, Campus “La Rábida”
 Huelva, Spain

rios@uhu.es, juanm.enrique@diesia.uhu.es, moises.mesa@diesia.uhu.es, borja.millan@diesia.uhu.es,
 macarena.martinez@diesia.uhu.es, jairamaro03@gmail.com, joaquin.delpino@diesia.uhu.es,
 daniel.ruiz@diesia.uhu.es, diego.tejada@diesia.uhu.es, jose.gamero@diesia.uhu.es, andujar@uhu.es,
 antonio.barragan@diesia.uhu.es

Resumen- En este trabajo se ha implementado un sistema para la toma de medidas de tensión y corriente de un vehículo eléctrico (RB-Car, Robotnik). A partir del conjunto de datos obtenidos sobre un recorrido real, se ha generado un modelo de dicho vehículo. Este modelo está especialmente diseñado para simulación de carga de baterías mediante el uso de paneles fotovoltaicos a bordo, simplificando los ya existentes y ahorrando tiempo de computación.

Dada la naturaleza de este sistema, el modelo desarrollado tiene una gran aplicación en el testeo de métodos de búsqueda del Punto de Máxima Potencia (MPPT) en sistemas sometidos a variaciones significativas en la carga y en las condiciones ambientales sobre el generador fotovoltaico.

Palabras Clave- MPPT, generador fotovoltaico, carga, vehículo eléctrico, modelo

I. INTRODUCCIÓN

Es ampliamente conocido que la conexión directa entre un generador fotovoltaico y una carga (resistencia, batería, etc.) no es una buena idea en términos de rendimiento del sistema, pues difícilmente se hará trabajar al generador fotovoltaico en su punto de máxima potencia (MPP). Además, si se tiene en cuenta que el MPP no es un punto estático, sino que varía con las condiciones ambientales (radiación solar y temperatura), queda claro que la conexión directa generador-carga está muy lejos de ser eficiente.

Para solucionar este problema, entre el generador fotovoltaico y la carga se inserta un convertidor DC/DC, actuando a modo de adaptador de impedancias [1]. Este convertidor está gobernado por un algoritmo MPPT (Máximo Power Point Tracking), que trata de ajustar constantemente el ciclo de trabajo (δ) del convertidor para situar en todo momento al generador en su MPP.

En [2] se propone un nuevo MPPT por estimación directa de la Resistencia del MPP (R_{MPP}) en base a medidas sólo de la radiación incidente sobre el generador. En [3] se hace una comparativa de este método con el tradicional “Perturbación y Observación” (P&O), método comúnmente usado como referencia para comparar sistemas MPPT. Del resultado de esta comparativa pueden extraerse algunas conclusiones fundamentales:

1.- El MPPT por estimación directa de la R_{MPP} aporta rendimientos en términos de eficiencia algo mejores a métodos tradicionales como el P&O, cuando cambian las condiciones ambientales y la carga del sistema apenas varía.

2.- Cuando la carga del sistema varía (lo hagan o no las condiciones ambientales), el rendimiento del sistema MPPT por estimación directa de la R_{MPP} es muy superior.

Una de las sugerencias que plantea [3] es que el MPPT estudiado podría resultar muy útil en sistemas donde cambien las condiciones ambientales, pero también lo hagan, y de forma rápida, los requerimientos de potencia de la carga, como por ejemplo un vehículo eléctrico, robot, etc., con paneles a bordo, si bien es cierto, que en [3] sólo se utilizan cargas resistivas, a fin de simplificar y acelerar las simulaciones.

Desarrollar una simulación de un sistema dinámico complejo para un tiempo relativamente extenso, como puede ser un vehículo eléctrico durante un trayecto normal, aparte de entrañar una dificultad inherente a la propia complejidad del modelo, conllevaría un tiempo de simulación muy elevado. En este trabajo se desarrolla un método simple para modelar un vehículo eléctrico como una resistencia variable, a fin de poder simular de forma sencilla y rápida distintas estrategias de carga de las baterías, usando diferentes sistemas MPPT.

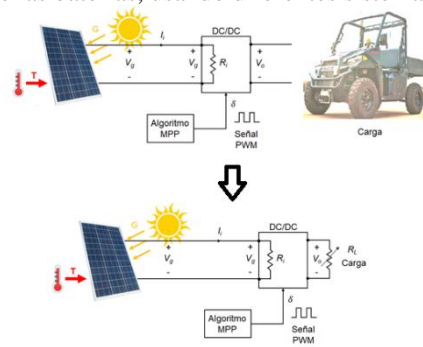


Fig. 1. Idea general de este trabajo

Tras esta breve introducción, en el apartado II se desarrolla la metodología empleada. Por último, en III se exponen algunas conclusiones.

II. DESARROLLO

Para el desarrollo de este trabajo se ha contado con el vehículo RB-CAR (Robotnik), cuyas especificaciones técnicas pueden consultarse en <https://robotnik.eu/es/productos/robots-moviles/rb-car/>. Analizando las características del vehículo se propone un modelo simplificado como el de la figura 2, donde V_{bat} (tensión en las baterías), e I_m (corriente suministrada por las baterías), dependen de los requerimientos instantáneos del vehículo (perfil del terreno, velocidad, carga, etc). Estas variables pueden ser medidas. Por contra, V_x y R_x son parámetros a priori desconocidos. Por tanto, se hace necesario implementar un sistema para la medida de V_{bat} e I_m y realizar un experimento para determinar V_x y R_x .

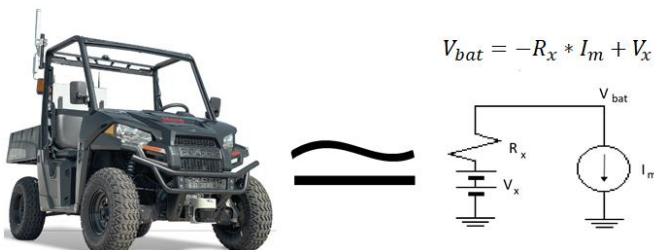


Fig. 2. Modelo del vehículo

El Sistema de medida implementado se muestra en la figura 3. Consiste básicamente en un sensor de corriente de efecto Hall (LEM HTFS 200-P) para medir I_m , y, un divisor de tensiones para la medida de V_{bat} . Estos sensores están conectados a un microcontrolador (Arduino Micro) que vuelca la información en un PC para su posterior análisis.

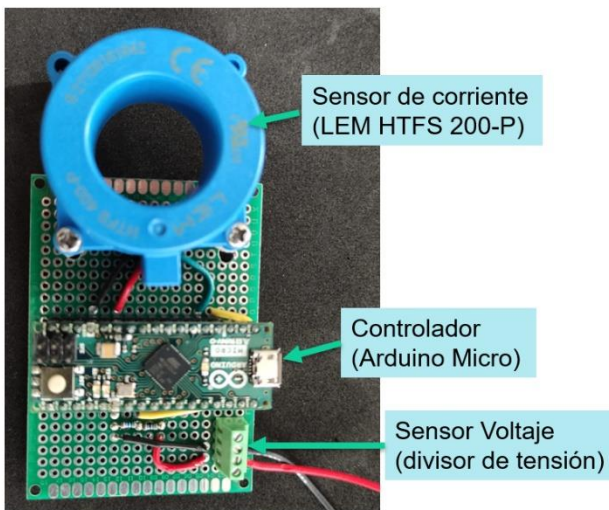


Fig. 3. Sistema implementado para la medida de V_{bat} e I_m

Obviamente ha de diseñarse un experimento que, en nuestro caso, no es más que un recorrido con el vehículo donde se van registrando los valores instantáneos (cada 0.5s) de V_{bat} e I_m . Este recorrido, mostrado en la figura 4, se ha ubicado en el campus “La Rábida” de la Universidad de Huelva.



Fig. 4. Recorrido realizado con el vehículo eléctrico

La figura 5 muestra los datos recogidos durante el recorrido para V_{bat} e I_m . Comparando ambas gráficas puede observarse un comportamiento completamente lógico y predecible. Cuanta más potencia exige el motor, esto es, solicita más corriente I_m , la tensión en las baterías disminuye y viceversa. Además, el vehículo está equipado con un sistema de frenada regenerativa, de ahí los valores negativos para I_m .

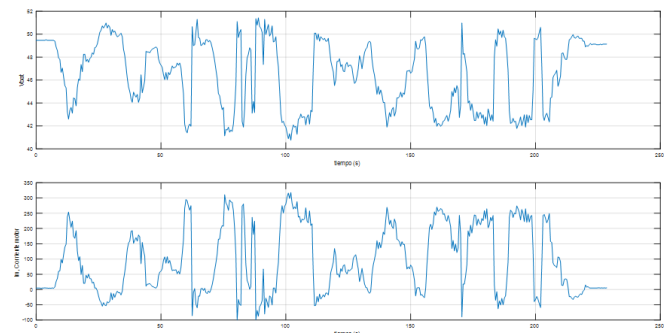


Fig. 5. Valores registrados durante el recorrido para V_{bat} e I_m .

La expresión (1), relativa al modelo propuesto en este trabajo (figura 2), establece la relación de V_{bat} con I_m .

$$V_{bat} = -R_x \cdot I_m + V_x \quad (1)$$

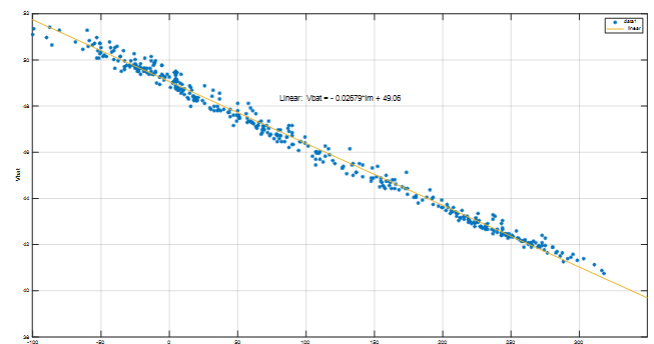


Fig. 6. Representación V_{bat} vs I_m y ajuste lineal por mínimos cuadrados

Si se asumen R_x y V_x como parámetros constantes, la expresión (1) es una recta de pendiente $-R_x$ y ordenada en el

origen V_x . Así realizando un ajuste lineal por mínimos cuadrados (figura 6), se obtienen los valores siguientes:

$$R_x = 0.02679\Omega \quad (2)$$

$$V_x = 49.05 V \quad (3)$$

La conexión entre el sistema generador/convertidor y el vehículo no puede ser directa. Para evitar que en situaciones de regeneración la corriente fluya hacia el convertidor DC/DC se inserta un diodo entre ambos. Este diodo afecta en mayor o menor medida a la resistencia aparente de carga $R_L=V_0/I_0$ que el convertidor ve a su salida.

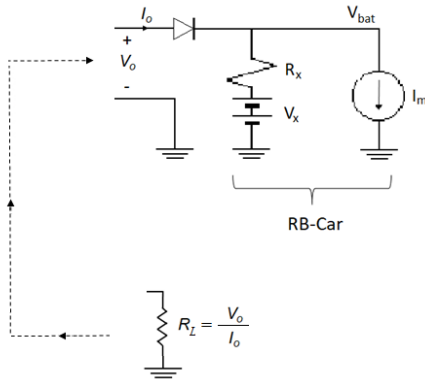
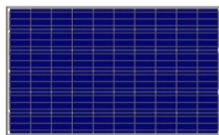


Fig. 7. Resistencia de carga aparente vista desde el convertidor DC/DC

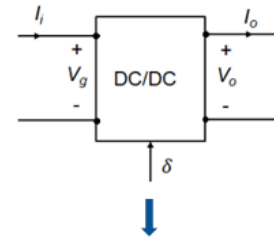
Considerando un comportamiento ideal del convertidor DC/DC, esto es, el producto de tensión y corriente es igual a la entrada y a la salida, y, tomando un punto de operación correspondiente a la máxima potencia generada por el generador fotovoltaico empleado (Isotón ISF-250), se obtiene una corriente I_0 en torno a 5A, considerando la tensión a la salida del convertidor de aproximadamente 50V y la potencia máxima entregada por el generador de 250W.



Isotón ISF-250

A = 1.2	Factor de idealidad de la unión PN
$E_g = 1.12 eV$	Energía de la banda prohibida
$n_p = 6$	Nº de módulos conectados en paralelo
$n_s = 10$	Nº de células conectadas en serie
$P_{max} = 250 W$	Potencia máxima en condiciones estándar*
$V_{max} = 30.6 V$	Tensión en el punto de máxima potencia
$I_{max} = 8.17 A$	Corriente en el punto de máxima potencia
NOTC = 45 °C	Temperatura nominal de operación de la célula
$I_{sc} = 8.75 A$	Corriente de cortocircuito en condiciones estándar
$V_{oc} = 37.8 V$	Tensión a circuito abierto en condiciones estándar
$k_v = -0.323 \%/^{\circ}C$	Coefficiente de temperatura para V_{oc}
$k_i = 0.042\%/^{\circ}C$	Coefficiente de temperatura para I_{sc}
$R_s = 0.82 \Omega$	Resistencia serie
$R_p = 324 \Omega$	Resistencia paralelo
*Condiciones estándar: 25 °C y 1000 W/m ² .	

Fig. 8. Características del generador fotovoltaico ISF-250



$$V_g \cdot I_i \approx V_o \cdot I_o \rightarrow I_o \approx \frac{V_g \cdot I_i}{V_o}$$

$$I_o \approx \frac{V_g \cdot I_i}{V_o} \approx \frac{P_{mpp}}{V_{bat}} \approx \frac{250W}{50V} = 5A$$

Fig. 9. Cálculo aproximado de la corriente I_0 correspondiente a la máxima entrega de potencia del generador fotovoltaico

El diodo elegido, en función de esta corriente máxima, es el BYT12P-1000, cuya característica se muestra en la figura 10.

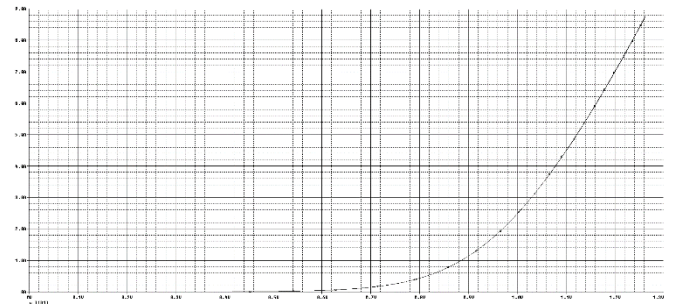


Fig. 10. Característica del diodo BYT12P-1000

Puede observarse cómo en torno al punto de operación ($I_0 \approx 5A$), la pendiente de la curva es prácticamente constante. Mediante Pspice pueden obtenerse de forma sencilla las curvas I_D-V_D y R_D-V_D en torno a dicho punto de operación (figuras 11 y 12). Del análisis de estas curvas puede extraerse que R_D y V_D son prácticamente constantes de valores 0.224Ω y $1.122V$ respectivamente.

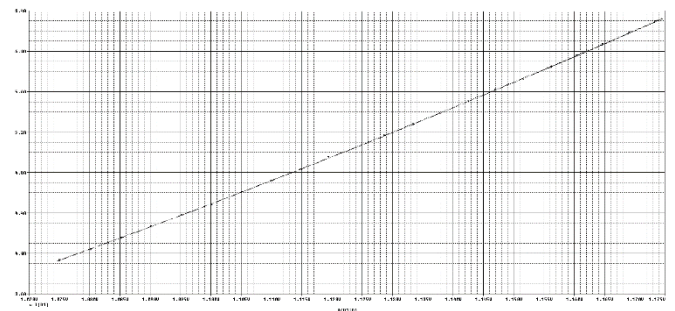
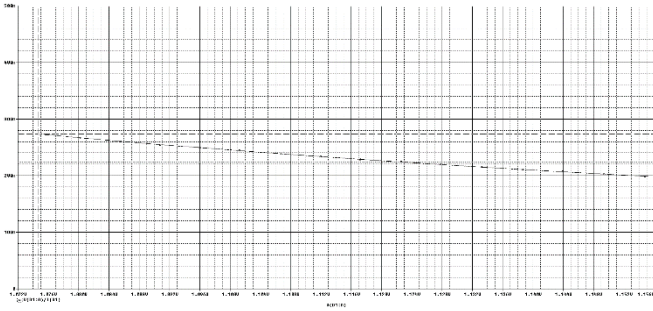


Fig. 11. Curva I_D-V_D

Fig. 12. Curva R_D - V_D

De este modo, considerando las aproximaciones anteriores puede obtenerse una expresión que aproxima el valor de la resistencia aparente de carga, R_L , en función de la tensión medida en bornes de la batería, V_{bat} :

$$R_L = \frac{V_0}{I_0} = \frac{V_{bat} + V_D}{\frac{V_D}{R_D}} = R_D \left(1 + \frac{V_{bat}}{V_D} \right) \quad (4)$$

La expresión (4) permite obtener la resistencia de carga aparente R_L que modela el sistema de carga del vehículo a lo largo del recorrido realizado, a partir de las medidas de V_{bat} (figura 13):

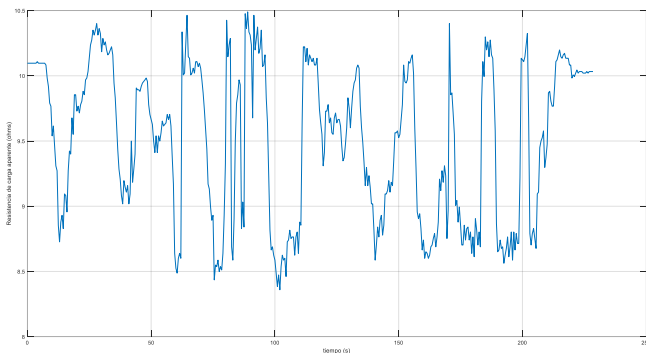


Fig. 13. Resistencia de carga aparente durante el recorrido de prueba

III. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha desarrollado una metodología para modelar un sistema complejo, como puede ser un vehículo eléctrico, como una resistencia de carga aparente a partir de un conjunto de medidas.

También se ha diseñado e implementado el sistema para la toma de dichas medidas.

La metodología desarrollada puede resultar muy útil para la simulación de distintas estrategias de carga (MPPT, etc.) de sistemas con paneles fotovoltaicos a bordo, reduciendo considerablemente la complejidad y el tiempo de simulación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está financiado por los proyectos: “Transporte Turístico Urbano Eléctrico Sostenible (0517_TTUES_6_E)”, del Programa Operativo de Cooperación Transfronteriza España-Portugal (POCTEP) 2014-2020, la Ayuda PID2020-119217RA-I00 del proyecto Robótica y Teledetección

Aplicada al cultivo del olivo (OliBoTIC) financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y “FEDER Una manera de hacer Europa” y la Ayuda IJC2019-040114-I, financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por “FSE Invierte en tu futuro”.

REFERENCIAS

- [1] Enrique, J.M.; Durán, E.; Sidrach, M.; Andújar, J.M. Theoretical Assessment of the Maximum Power Point Tracking Efficiency of Photovoltaic Facilities with Different Converter Topologies. *Sol. Energy* 2007, 81, 31–38.
- [2] Enrique, J.M.; Andújar, J.M.; Durán, E.; Martínez, M.A. Maximum-Power Point Tracker based on Maximum-Power Point Resistance Modeling. *Prog. Photovolt.* 2015, 23, 1940–1955
- [3] Ríos, J.; Enrique, J.M.; Barragán, A.J.; Andújar, J.M. Comparative Analysis of Robustness and Tracking Efficiency of Maximum Power Point in Photovoltaic Generators, Using Estimation of the Maximum Power Point Resistance by Irradiance Measurement Processing. *Sensors* 2020, 20, 7247. <https://doi.org/10.3390/s20247247>

Aplicación de Enfoques Semimarkovianos a la Mejora de Políticas de Mantenimiento Predeterminado en Activos Industriales

Antonio Sánchez-Herguedas ^{1*}, Angel Mena-Nieto ², Francisco Rodrigo-Muñoz ¹, Javier Villalba-Diez ³, Joaquín Ordieres-Meré ⁴

¹ Escuela Superior de Ingenieros (ESI). Universidad de Sevilla, Camino de los Descubrimientos s/n, 41092 Seville, Spain

² Escuela Técnica Superior de Ingenieros (ETSI). Universidad de Huelva. Campus El Carmen, 21819 Huelva, Spain

³ Hochschule Heilbronn, Campus Schwäbisch Hall, 74523 Schwäbisch Hall, Germany

⁴ Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII), Universidad Politécnica de Madrid, 28006 Madrid, Spain

antoniosh@us.es, mena@uhu.es, frodrigo@us.es, javier.villalba-diez@hs-heilbronn.de, j.ordieres@upm.es

Resumen- Uno de los caminos utilizados para hacer más sostenibles la operación y el mantenimiento de las instalaciones industriales es trabajar en la optimización de los recursos. El ingeniero de mantenimiento cada vez dispone de una mayor cantidad de información y la tecnología de la industria 4.0 facilita su trabajo en referencia a la obtención, recogida y clasificación de datos. Estos datos son utilizados de manera diferente dependiendo de la importancia de los equipos para el negocio. Aquellos equipos de alta responsabilidad permiten la inversión en técnicas predictivas. Éstos son muy importantes, pero suelen ser pocos. La mayoría de los equipos no justifican esta inversión, por lo que para evitar pérdidas de recursos se debe optimizar el intervalo preventivo predeterminado. El uso de modelos matemáticos semi-markovianos permiten obtener la óptima duración del intervalo preventivo, a partir de costes de intervenciones y penalizaciones, ingresos por funcionamiento y el comportamiento ante el fallo.

Palabras Clave- Proceso Semi-Markov; Intervalo preventivo; Modelo de mantenimiento; Horizonte finito, Costes de mantenimientos

I. INTRODUCCIÓN

En la literatura sobre modelos para la optimización del mantenimiento Crespo et al. [1] establecen una clasificación de los problemas a resolver mediante modelos: a) determinar los intervalos de tiempo de mantenimiento óptimos, b) determinar la frecuencia de las inspecciones y el mantenimiento basado en la condición, c) determinar los recursos óptimos para cumplir con los requisitos de mantenimiento, o d) encontrar el ciclo de vida económico de un equipo ante la disyuntiva de la reparación frente al replazo. Este trabajo trata el primer tipo de modelos y desarrolla su aplicación adaptado a un horizonte finito de planificación. Este tipo de optimización también ha sido tratada recientemente en la revisión realizada por de Jonge et al. [2].

El método desarrollado en este documento es un método exacto. Nakagawa et al. [3] realizan un esfuerzo interesante para desarrollar métodos exactos, convirtiendo los modelos de mantenimiento habituales en modelos de mantenimiento finito, utilizando el método de partición. El deterioro de los componentes se modela como un proceso semi-markoviano

[4], donde el sistema evoluciona entre diferentes estados: operativo, correctivo y preventivo. El modelo supone que el tiempo de permanencia en cada estado está marcado por una función de distribución de tiempos de permanencia y que la transición entre ellos sigue una ley de probabilidades. Para ello, es necesario la recogida de datos referentes a tiempos de fallo, tiempos de funcionamiento y datos de retornos en forma de costes de las intervenciones o pérdidas y de ingresos por funcionamiento. Actualmente las nuevas tecnologías de la industria 4.0 permiten la recogida y clasificación de gran número de datos [5] sin tener que recurrir a técnicas estadísticas.

El desarrollo del trabajo consiste en la exposición del proceso de determinación de la correcta ubicación de la tarea de mantenimiento preventivo (intervalo preventivo) [6]-[7]. Este proceso consta de seis fases: análisis del problema, recogida y selección de datos, la elaboración de funciones de distribución observadas y su ajuste a funciones de distribución teóricas, el desarrollo de un modelo matemático de optimización basado en procesos de semi-Markov, la evaluación de los retornos esperados acumulados en las sucesivas transiciones entre estados mediante la aplicación de transformadas z , y la determinación del intervalo preventivo óptimo en el caso de un horizonte finito.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

Analizamos el comportamiento ante el fallo de las juntas tóricas localizadas en las conexiones extremas del tubo refrigerado (en adelante crossover) que une los dos escapes de un motor alternativo diesel de 12 cilindros en V. Como consecuencia de las altas temperaturas que alcanzan los gases de escape en el interior del crossover, aunque esté sometido a refrigeración forzada, a menudo se produce el deterioro de estas juntas tóricas, pese a la protección térmica que se le aplica durante su fase de montaje. Esto provoca la aparición de fugas de refrigerante tanto al exterior del motor como al interior del crossover.

Inicialmente la intervención preventiva de sustitución estaba diseñada para realizarse cada 4000 horas de funcionamiento del motor. Este hecho, había provocado la

aparición de 83 fallos durante 4 años, junto a 38 censuras por la derecha debido a preventivos realizados a motores que previamente habían fallado (no de 4000 horas). Estos datos corresponden a 115.000 horas de funcionamiento en 32 motores de 16 embarcaciones. Este modo de fallo era el responsable de un gran número de horas de indisponibilidad de la patrullera, permitiendo “situaciones” que justamente se trataban de evitar con la presencia activa de la patrullera. El proceso de obtención de los parámetros de la función de Weibull [8] que determina el comportamiento de las tóricas sujetas a la política de mantenimiento preventivo [9] cada 4000 horas (intervalo preventivo) se expone en la Figura 1.

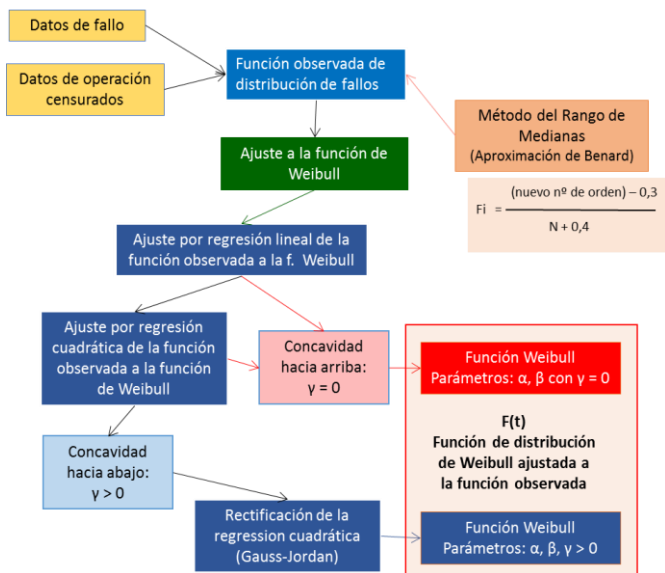


Fig. 1. Determinación de las funciones de distribución de fallos observada y teórica

Este proceso genera una Weibull de parámetro de forma, $\alpha = 2,36$; parámetro de escala, $\beta = 1317$ y parámetro de origen, $\gamma = 0$ [10]. Además, se analizan los tiempos de permanencia en los estados correctivos y preventivos, resultando respectivamente unas Normales de medias 8 y 7 horas [11].

A. Modelo semi-markoviano de retornos para un periodo de tiempo finito

Para la construcción del modelo se ha elegido un proceso semi-markoviano, debido a que es una herramienta potente para la optimización de problemas de fiabilidad y mantenimiento. Una explicación detallada del modelo propuesto a continuación se puede encontrar en Crespo et al. [1]. Está compuesto por tres estados (1. Operativo, 2. Correctivo y 3. Preventivo). En el estado Operativo, el equipo funcionará produciendo unos ingresos. Durante el funcionamiento el proceso de aparición del fallo sigue una función de distribución de Weibull. Si tras un tiempo τ (intervalo preventivo), el equipo no falla, el sistema hace una transición hacia el estado Preventivo, en el que se realiza la tarea preventiva de sustitución de las tóricas. Esta intervención está caracterizada por los costes de los repuestos, la mano de obra y el coste derivado de la inactividad. Una vez terminada la tarea preventiva el sistema vuelve al estado Operativo. Si antes de haber alcanzado el tiempo τ , se produce un fallo, el sistema pasaría al estado Correctivo, generándose unos costes de mano de obra de la reparación, de repuesto y de indisponibilidad. El sistema

compuesto por los tres estados evoluciona durante el tiempo que se estime oportuno (finito), mediante el mecanismo de ir

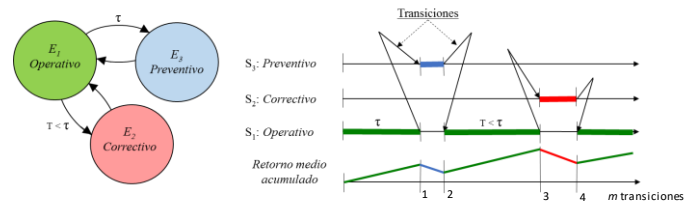


Fig. 2. Estados y transiciones del modelo

saltando de un estado a otro de acuerdo con ciertas probabilidades de transición. En cada transición el sistema acumula ingresos o costes en forma de retornos, recogidos en la variable retorno medio acumulado. En la Figura 2 se expresan gráficamente esas transiciones.

El modelo consta de tres funciones probabilística: $F(t)$, la función de distribución de fallos del equipo, $G(t_c)$, la función de distribución del tiempo que el equipo permanece bajo mantenimiento correctivo y $H(t_p)$, la función de distribución del tiempo que el equipo permanece bajo preventivo. Los retornos del modelo son: R_1 , ingreso por unidad de tiempo, R_2 , coste por unidad de tiempo (correctivo), R_3 , coste por unidad de tiempo (preventivo), R_{ij} , coste de transición desde el estado i al j . Las probabilidades de transición entre los estados se expresan mediante la matriz $[P]$, los tiempos de permanencia en cada estado por la matriz $[F]$ y los retornos mediante la matriz $[R]$. Ec. 1, 2 y 3.

$$[P] = \begin{pmatrix} 0 & F(\tau) & 1 - F(\tau) \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \tag{1}$$

$$[P] = \begin{pmatrix} 0 & F(\tau) & 1 - F(\tau) \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad [F] = \begin{pmatrix} 0 & A & \tau \\ B & 0 & 0 \\ C & 0 & 0 \end{pmatrix} \tag{2}$$

$$A = \frac{1}{F(\tau)} \int_0^\tau t \cdot f(t) dt; \quad B = \int_0^\infty t_c g(t_c) dt_c; \quad C = \int_0^\infty t_p h(t_p) dt_p$$

$$[R] = \begin{pmatrix} 0 & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & 0 & 0 \\ r_{31} & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & R_1 A + R_{12} & R_1 \tau + R_{13} \\ R_2 B + R_{21} & 0 & 0 \\ R_3 C + R_{31} & 0 & 0 \end{pmatrix} \tag{3}$$

B. Cálculo del retorno esperado acumulado, $v_i(m)$, en m pasos

El retorno en un solo paso, partiendo del estado i es una variable aleatoria que puede tomar los valores $r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{ik}$ con probabilidades respectivas $p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{ik}$, entonces el retorno esperado en un solo paso, partiendo del estado i es:

$$v_i(1) = \sum_{j=1}^k r_{ij} p_{ij} \tag{4}$$

El retorno esperado de 2 pasos sería:

$$v_i(2) = v_i(1) + \sum_{j=1}^k v_j(1) p_{ij} \tag{5}$$

El retorno esperado en m pasos sería:

$$v_i(m) = v_i(1) + \sum_{j=1}^k v_j(m-1)p_{ij} \quad (6)$$

Generalizando para todos los estados de partida (forma vectorial), se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones en diferencias:

$$V(m) = V(1) + PV(m-1) \quad (7)$$

Tradicionalmente esta ecuación se resolvía de forma numérica, por ejemplo, mediante programación dinámica.

Pero es posible encontrar una solución analítica aplicando la transformada z, a ambos miembros de la igualdad. Si se reduce en una unidad el índice de la ecuación en diferencias se alcanza la Ec. 8.

$$z(Z[V(m)] - V(0)) = V(1) \frac{z}{z-1} + P Z[V(m)] \quad (8)$$

dividiendo por z y multiplicando por (1 - z⁻¹ P⁻¹), se alcanza la expresión matemática del retorno esperado acumulado:

$$Z[V(m)] = \frac{1}{z-1} (I - z^{-1}P)^{-1}V(1) \quad (9)$$

Las tres componentes de este vector Z[V(m)] son una combinación lineal de funciones racionales en z. Para cada una de estas componentes podemos encontrar las series de Laurent que la forman, y a partir de ahí buscar la inversa de la transformada z de cada una de las componentes de V(m). La expresión matemática de la primera componente se muestra en la Ec. 10.

$$v_1(m) = \begin{cases} v_1(0) = 0, \\ v_1(1) = r_{12}F(\tau) + r_{13}(1-F(\tau)), \\ v_1(m) = \frac{1}{4} \left[\begin{aligned} &(2m+1+(-1)^{m-1}) \left(R_1 \int_0^\tau t f(t) dt + R_{12}F(\tau) + (R_1\tau + R_{13})(1-F(\tau)) \right) \\ &+ (2m-1-(-1)^{m-1}) \left(\begin{aligned} &\left(R_2 \int_0^\infty t_c g(t_c) dt_c + R_{21} \right) F(\tau) \\ &+ \left(K_3 \int_0^\infty t_p h(t_p) dt_p + R_{31} \right) (1-F(\tau)) \end{aligned} \right) \end{aligned} \right] \quad (10) \end{cases}$$

para valores de m = 2, 3, 4, ...

De la misma manera se obtienen las ecuaciones para los retornos esperados acumulados partiendo de los estados correctivo y preventivo, v₂(m) y v₃(m) [12].

C. Determinación del intervalo óptimo de la tarea de mantenimiento preventivo

Una vez alcanzadas las expresiones explícitas para v₁(m), v₂(m) y v₃(m), podemos proceder a optimizar el tiempo de funcionamiento establecido hasta la tarea de mantenimiento preventivo, τ. Para ello, vamos a utilizar el método directo de derivar la expresión de v₁(m) con respecto a τ, igualando la derivada a cero y estudiando en qué condiciones hay una solución y calculándola cuando exista, Ec. 11.

$$\frac{dv_1(m)}{d\tau} = \frac{1}{4} [f(\tau)((2m+1+(-1)^{m-1})(R_{12} - R_{13}) + (2m-1-(-1)^{m-1})(R_2B + R_{21} - R_3C - R_{31})) + (2m+1+(-1)^{m-1}) \frac{R_1}{4} (1-F(\tau))] \quad (11)$$

Si en esta ecuación sustituimos la función de distribución de fallos F(t) por la función de Weibull, con parámetro de forma α y de escala β, se obtiene la ecuación del intervalo óptimo para cualquier número de pasos m Ec. 12.

$$(\tau - \gamma)^{\alpha-1} = \frac{\beta^\alpha}{\alpha} \cdot \frac{-R_1}{R_{12} - R_{13} + \frac{2m-1-(-1)^{m-1}}{2m+1+(-1)^{m-1}}(R_2B + R_{21} - R_3C - R_{31})} \quad (12)$$

Esta fórmula matemática garantiza el óptimo intervalo preventivo, τ₀, para cualquier número de pasos.

D. Cálculo del intervalo preventivo óptimo para el caso de estudio

Para aplicar la fórmula matemática al caso práctico de las tóricas del crossover, necesitamos conocer los datos del problema, los cuales se exponen en la tabla 1. Como se puede observar en la Fig. 3, el óptimo se obtiene

Tabla I DATOS DEL CASO PRÁCTICO

Función distribución de Fallos			F. D. Tiempos reparación		F. D. Tiempos preventivo	
Weibull (α, β, γ)			Normal (μ ₁ , σ ₁)		Normal (μ ₂ , σ ₂)	
α	β	γ	μ ₁	σ ₁	μ ₂	σ ₂
2.36	1,317.47	0.00	8	*	7	*

Retornos operación			Retorno Correctivo		Retorno Preventivo	
R ₁ (€/hora)	R ₁₂ (€)	R ₁₃ (€)	R ₂ (€/hora)	R ₂₁ (€)	R ₃ (€/hora)	R ₃₁ (€)
6.0	-4,320	-1	-95.0	-620	-82.0	-620

para las transiciones pares. Esto se debe a la construcción del modelo, ya que tras el periodo de operación llega una intervención de mantenimiento preventivo o correctivo, cerrándose el ciclo cada dos transiciones.

m	τ ₀ (óptimo)	F(τ)
1	1.093,02	0,474624195
2	1.059,63	0,450209454
3	1.076,02	0,462203415
4	1.059,63	0,450209454
5	1.070,49	0,458158685
6	1.059,63	0,450209454
7	1.067,75	0,456153945
8	1.059,63	0,450209454
9	1.066,12	0,454956704
10	1.059,63	0,450209454

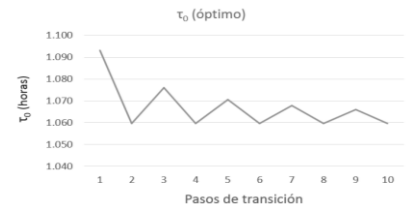


Fig. 3. Intervalo preventivo óptimo y probabilidad de fallo en función a las transiciones m

Cuando el ciclo no se cierra el óptimo se encuentra para valores superiores, pero esta diferencia va decreciendo a medida que el horizonte de planificación aumenta (mayores m).

III. CONCLUSIONES

En esta comunicación hemos presentado un nuevo método para obtener el valor del intervalo hasta el mantenimiento preventivo que hace máximo el retorno esperado acumulado en un horizonte finito de m pasos. Se ha considerado un proceso semi-markoviano formado por tres estados y se ha concretado con un caso real de un modo de fallo en el sistema de escape de gases de un motor diesel.

Se ha determinado el retorno esperado acumulado, demostrando que puede expresarse como la solución de un sistema de ecuaciones en diferencias. Para su resolución se ha utilizado la técnica de la transformada z.

Para maximizar este retorno esperado acumulado en m pasos V(m), se ha utilizado el procedimiento directo de derivación con respecto al tiempo hasta el mantenimiento preventivo τ, igualando esta derivada a cero. El método ha sido implementado con datos reales, obteniéndose un resultado muy acorde al valor que ya se había propuesto, basándose en la experiencia.

Entre las ventajas de este método respecto a métodos anteriores podemos destacar:

- Permite el cálculo directo con una expresión analítica de los retornos esperados acumulados para m pasos.
- Obtiene de manera directa el valor del intervalo preventivo que maximiza el retorno esperado acumulado, sin necesidad del empleo de métodos numéricos como la programación dinámica que se usa habitualmente.
- Proporcionar el valor óptimo $\tau_0(m)$ para situaciones donde el ciclo de operación-reparación no se completa y otras situaciones de horizonte temporal finito.
- La fórmula puede incluirse en muchos algoritmos y resolver muchos problemas de mantenimiento, tanto de horizonte infinito como finito.
- Al proporcionar soluciones explícitas, este método permite comparar distintos escenarios, simplemente cambiando cualquier parámetro en la distribución de Weibull o valores de los retornos en cada estado. Esto simplifica las tareas de cálculo con respecto a otros modelos que tuvieran que resolverse numéricamente.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Agencia Estatal de Investigación de España, a través del proyecto: "Analítica de Datos con Internet Industrial de las Cosas y Tecnología Blockchain para establecer estrategias de Mantenimiento Inteligente (SMASHING)". Referencia RTI2018-094614-B-I00.

REFERENCIAS

- [1] Crespo-Marquez A, Sánchez-Heguedas A. Models for maintenance optimization: A study for repairable systems and finite time periods. *Reliab Eng Syst Saf* 2002;75:367-77. [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(01\)00131-4](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(01)00131-4).
- [2] de Jonge B, Scarf PA. A review on maintenance optimization. *Eur J Oper Res* 2020;285:805-24. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.09.047>.
- [3] Nakagawa T, Mizutani S. A summary of maintenance policies for a finite interval. *Reliab Eng Syst Saf* 2009;94:89-96. <https://doi.org/10.1016/j.res.2007.04.004>.
- [4] Kumar G, Varghese JP. Optimum Preventive Maintenance Policy for a Mechanical System Using Semi-markov Method and Golden Section Technique. 2018 IEEE Int. Conf. Ind. Eng. Eng. Manag., Bangkok: 2018, p. 232-6. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607343>.
- [5] Jay Lee, Wang H. New Technologies for Maintenance. En: Khariy A. H. Kobbacy; D. N. Prabhakar Murthy, editor. *Complex Syst. Maint. Handb.*, Springer; 2008, p. 49-78. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-011-7_3.
- [6] Coria VH, Maximov S, Rivas-Dávalos F, Melchor CL, Guardado JL. Analytical method for optimization of maintenance policy based on available system failure data. *Reliab Eng Syst Saf* 2015;135:55-63. <https://doi.org/10.1016/j.res.2014.11.003>.
- [7] Hu J, Shen J, Shen L. Periodic preventive maintenance planning for systems working under a Markovian operating condition. *Comput Ind Eng* 2020;142:106291. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106291>.
- [8] Crespo Márquez A, Moreu de León P, Sánchez Herguedas A. Ingeniería de mantenimiento. Técnicas y métodos de aplicación a la fase operativa de los equipos. Madrid: Ed. Aenor; 2004.
- [9] EN 13306. Maintenance. Maintenance terminology 2017.
- [10] Sgarbossa F, Zennaro I, Florian E, Persona A. Impacts of weibull parameters estimation on preventive maintenance cost. *IFAC-PapersOnLine* 2018;51:508-13. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.369>.
- [11] Sánchez-Herguedas A, Mena-Nieto A, Rodrigo-Muñoz F. A new analytical method to optimise the preventive maintenance interval by using a semi-Markov process and z-transform with an application to marine diesel engines. *Reliab Eng Syst Saf* 2021;207:1-15. <https://doi.org/10.1016/j.res.2020.107394>.
- [12] Sánchez Herguedas A, Crespo Márquez A, Rodrigo Muñoz F. Optimizing preventive maintenance over a finite planning horizon in a semi-Markov framework. *IMA J Manag Math* 2022;33:75-99. <https://doi.org/10.1093/imaman/dpaa026>.

Adaptación de un Inversor Solar Comercial de Baja Potencia para Uso en una Smart Grid con un Bus de Corriente Continua de 360 V

Industria 4.0

Pino Fernández, J., Ruiz Castilla, D., Millan Prior, B., Gamero López, J., Y., Ríos Gutiérrez, J., Barragán Piña, J., Enrique Gómez, J.M., Tejada Guzmán, D., Mesa Alcocer, M.S., Andújar Márquez, J.M.

Centro de Investigación en Tecnología, Energía y Sostenibilidad (CITES)
Universidad de Huelva, Campus "La Rábida"
Huelva, Spain

joaquin.delpino@diesia.uhu.es, daniel.ruiz@diesia.uhu.es, borja.millan@diesia.uhu.es,
jose.gamero@diesia.uhu.es, rios@uhu.es, antonio.barragan@diesia.uhu.es, juanm.enrique@diesia.uhu.es,
diego.tejada@diesia.uhu.es, moises.mesa@diesia.uhu.es, andujar@uhu.es

Resumen- El proyecto Transporte Turístico Urbano Sostenible - T²UES pretende potenciar el desarrollo tecnológico de una red de vehículos eléctricos combinada con puntos de recarga inteligentes y ambientalmente sostenibles, para equipar las áreas turísticas de Huelva y El Algarve. Estos puntos de recarga son alimentados con energías renovables procedentes de una Smart Grid y suministrarán la energía necesaria a los vehículos a través de un inversor. El inversor solar es un equipo básico en los sistemas renovables, el cual es diseñado para que se conecte a su entrada un campo fotovoltaico. Existen inversores cargadores solares que tienen además del inversor de aislada, un cargador incorporado para suministrar/obtener, en caso necesario, energía a/de las baterías. En el presente artículo, presentamos una adaptación de inversores comerciales, para la conexión en su entrada de un bus de corriente continua de 360 V, cosa que no es posible con los inversores comerciales de baja potencia en aislada existentes hoy en día, posibilitando así su utilización en una Smart Grid convencional.

Palabras Clave- T²UES, Inversor, Cargador, Baterías, Smart Grid, Vehículos eléctricos, Puntos de recarga

I. INTRODUCCIÓN

El excesivo número de desplazamientos vehiculares intraurbanos en época estival debido al turismo en zonas costeras de la región de la costa occidental andaluza/Algarve portugués causa incomodidad, es perjudicial para el medio ambiente y la salud de las personas además de ofrecer mala imagen a los turistas que pretenden disfrutar de las zonas turísticas.

Como solución a este problema, el proyecto Transporte Turístico Urbano Sostenible-T²UES, cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa INTERREG V-A España-Portugal (POCTEP) 2014-2020, pretende potenciar el desarrollo tecnológico de una red de vehículos eléctricos combinada con puntos de recarga inteligentes y ambientalmente sostenibles (Fig. 1), para equipar las áreas turísticas de Huelva y El Algarve.

De forma más concreta, el proyecto T2UES pretende:

- Promover la industria del transporte eléctrico alimentado por fuentes de energía renovables en la región de Andalucía y El Algarve.
- Incentivar la implementación de una red de transporte ligera, ecológica e intraurbana, con el fin de mitigar los problemas de congestión durante las épocas de alta demanda turística.
- Fortalecer el turismo como actividad económica, impulsándolo a partir de los pilares de la calidad ambiental y la vanguardia tecnológica.



Fig. 1. Perspectiva de una estación de recarga

Los resultados que producirá el proyecto son:

- Diseño y validación de una estación de recarga escalable alimentada únicamente por fuentes de energía renovable.

- Adaptación de diversos vehículos ligeros del socio PMF a las necesidades del proyecto. Esto incluirá una consola de información que ilustrará al usuario con el estado del vehículo y de la estación de recarga (disponibilidad de baterías cargadas en el rack, orden de recarga, etc).
- Sistema de control inteligente para la optimización de los flujos de energía entre ella, los sistemas generadores y los vehículos. Las capacidades del sistema incluirán el realizar estimaciones de la llegada de vehículos a la estación, de aportación de energía de los generadores, el gestionar los vehículos conectados a la estación también como proveedores de energía según su estado y necesidades, etc.
- Software de servicios que intercambiará información con la estación y los vehículos. A la estación le proveerá información acerca del estado de carga de los vehículos, su localización, etc., mientras que recibirá información de ella que mostrará al usuario, tal como disponibilidad de baterías intercambiables cargadas, orden para recarga en la estación, etc.
- Establecimiento de una red de trabajo y promoción del ecosistema de transporte intraurbano y ecológico constituida por los socios del proyecto y entidades públicas, privadas y prensa.

Para conseguir estos resultados, una parte necesaria es la creación de estaciones de recarga alimentada principalmente por fuentes de energías renovables. Fig. 2

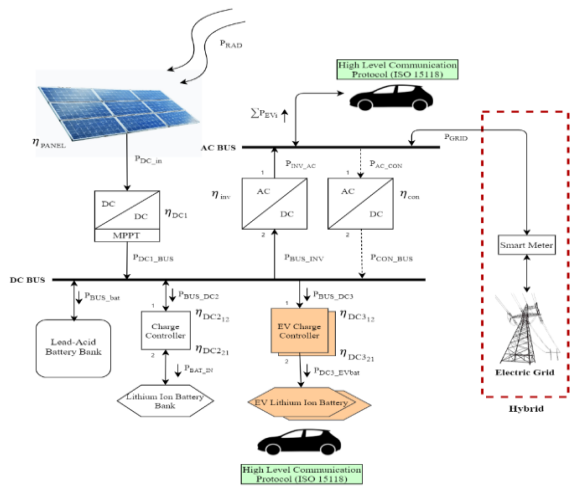


Fig. 2. Esquema de una estación de recarga

Un elemento fundamental en esta estación de recarga es el inversor fotovoltaico que debe extraer la energía del bus de corriente continua para transformarlo en corriente alterna adecuada para la carga de los vehículos [1].

Al utilizar una Smart Grid con aporte principalmente de energías renovables, los inversores híbridos de pequeña potencia que existen en el mercado no soportan el bus planteado en el proyecto, ya que los inversores comerciales están adaptados para buses de 12/24/48 V principalmente [2], y en este proyecto se pretende utilizar un bus de mayor voltaje (360V), muy superior a las especificaciones de los inversores. La utilización de inversores comerciales supone una importante reducción del coste frente al diseño y fabricación de uno específico, por lo que se ha ideado un sistema que permite el uso de inversor comercial, de forma que el banco

de baterías de 360V se comporte como un generador fotovoltaico de cara al inversor.

II. DESARROLLO

Para el desarrollo de este trabajo se ha contado con una Smart Grid situada en el Campus de la Rábida, perteneciente a la Universidad de Huelva, dicha Smart Grid está controlada por un sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) que proporciona información de todas las variables de las distintas energías renovables, como tensión corriente generada/consumida o potencia suministrada (Fig. 3).

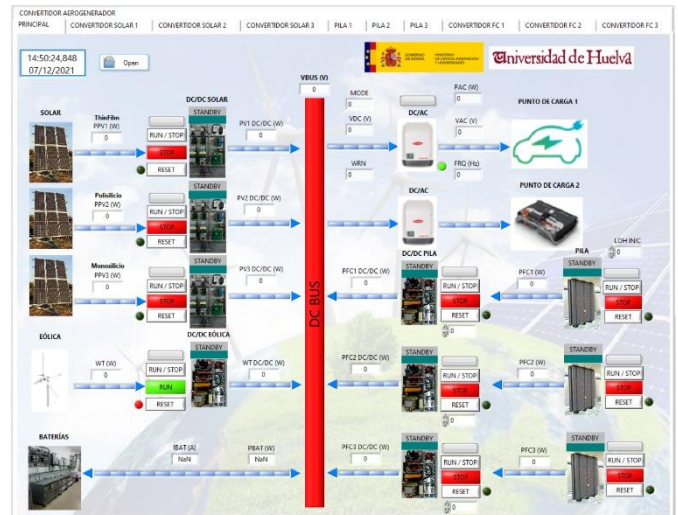


Fig. 3. Sistema SCADA de la Smart Grid situada en Campus de La Rábida

La microrred integra múltiples sistemas de generación solar fotovoltaica y eólica, y sistemas de almacenamiento energético: banco de baterías, banco de supercondensadores y un sistema de basado en hidrógeno compuesto por varias pilas de combustible y electrolizadores. La interconexión de estos sistemas se realiza mediante un bus de 360 VDC. El empleo de un bus de DC respecto a un bus de AC reporta ventajas en materia de pérdidas, integración de fuentes de DC y simplicidad en su control, al no presentarse problemas asociados a la gestión de potencia reactiva.

La estructura general de la solución propuesta se presenta en la Fig. 4.

Atendiendo al sistema de almacenamiento energético, se propone una estructura híbrida basada en baterías y el uso de hidrógeno como vector energético. El empleo de un sistema híbrido permite adecuar la respuesta del sistema atendiendo al horizonte temporal, de tal forma que el banco de baterías es empleado como sistema de almacenamiento energético a corto y medio plazo; mientras que el sistema de hidrógeno, debido a su mayor capacidad de almacenamiento y densidad energética, es utilizado como sistema de almacenamiento a largo plazo.

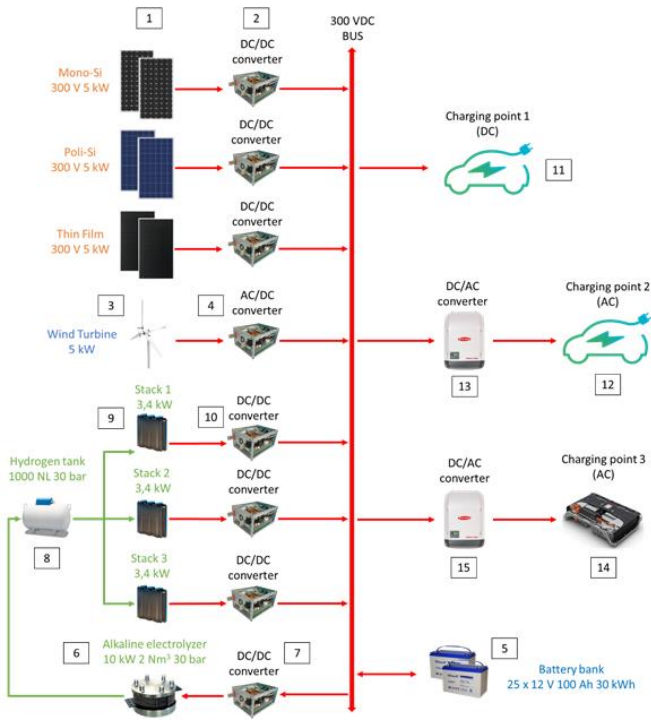


Fig. 4. Estructura de la Smart Grid Punto de Carga

Considerando el sistema de almacenamiento basado en baterías, se dispone de un banco de baterías de tecnología plomo-ácido compuesto por un total de 25 unidades en serie modelo UP100-12 del fabricante UPower®. La configuración planteada se basa en la conexión directa del banco de baterías al bus de DC, lo que permite garantizar su tensión dentro del rango de cierto rango de operación de acuerdo con el estado de carga de las baterías, simplificando en gran medida el diseño y control del resto de acondicionadores de potencia del sistema.

Se dispone de un punto de recarga en AC (Fig. 4), indicado para vehículos que únicamente permiten la recarga a partir de tensión alterna monofásica de 230 VAC. Para tal fin, se integrará un inversor de potencia para aplicaciones aisladas (Fig. 5), capaz de extraer la potencia desde el bus de DC soportado por baterías y realizar la conversión de tensión requerida.

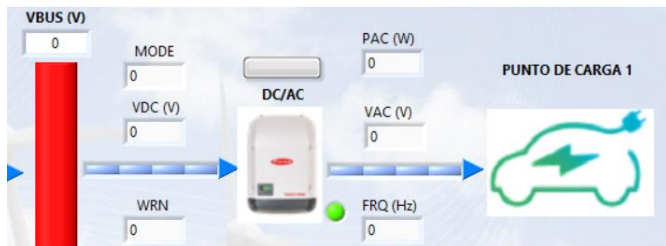


Fig. 5. Sistema Scada Smart Grid situada en Campus de La Rábida

Tras diversos análisis y ensayos, se ha detectado que las franjas de producción, por ejemplo, de energía solar, se sitúan en momentos distintos a la solicitud de demanda de energía, y aunque podemos utilizarla para cargar el bus de baterías, tal y como se ha podido comprobar en los ensayos, la producción que se obtiene produce un exceso de energía, la cual tiene que ser volcada a red. Sin embargo, cuando el vehículo necesita cargar las baterías por completo, se produce a unas horas que no hay energía solar suficiente, teniendo en ese momento que extraer la energía de la red (Fig. 6). Es por ello por lo que es necesario un sistema de almacenamiento de energía.

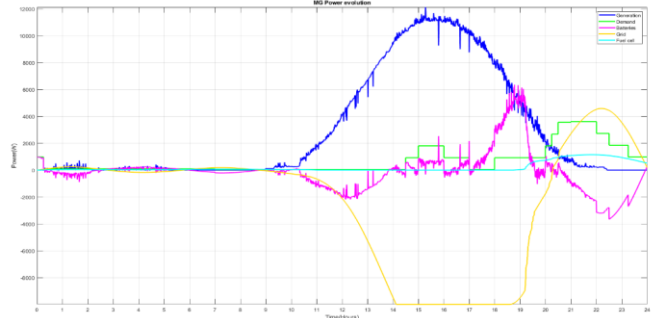


Fig. 6. Perfil de generación y demanda de energía para la carga del vehículo

Al no existir en el mercado inversores comerciales que se adapten a las especificaciones de la Smart Grid, la solución por la que se ha optado es un inversor de fotovoltaica, el cual está diseñado para conectar en su entrada un generador fotovoltaico cuyo rango de tensión es apto para los 360 V de las baterías.

Sin embargo, la capacidad de entrada del inversor, inicialmente descargada, provoca un transitorio capaz de generar daños en el mismo [3].

La solución desarrollada en este artículo es incorporar un circuito de arranque suave (Fig. 7). Este circuito conecta el inversor al bus utilizando una resistencia que limita la corriente suministrada, de forma que los componentes del inversor se van cargando hasta la tensión de trabajo de manera suave, hasta alcanzar una tensión segura para la conexión directa del bus de baterías.

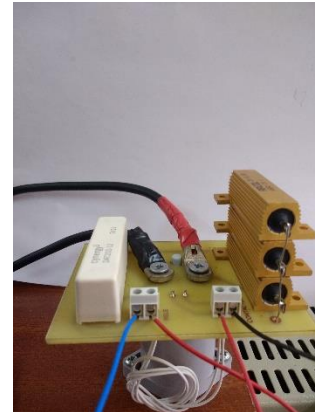


Fig. 7. Circuito de arranque suave

Dicho circuito necesita un sistema de control y monitorización inteligente [4] capaz de indicar cuando tiene iniciarse la conexión y cuando la desconexión (Fig. 8). El control inteligente además nos muestra mediante protocolo tcp/ip las variables de entrada y salida del inversor, las cuales controlará el sistema SCADA expuesto en la Fig. 3.

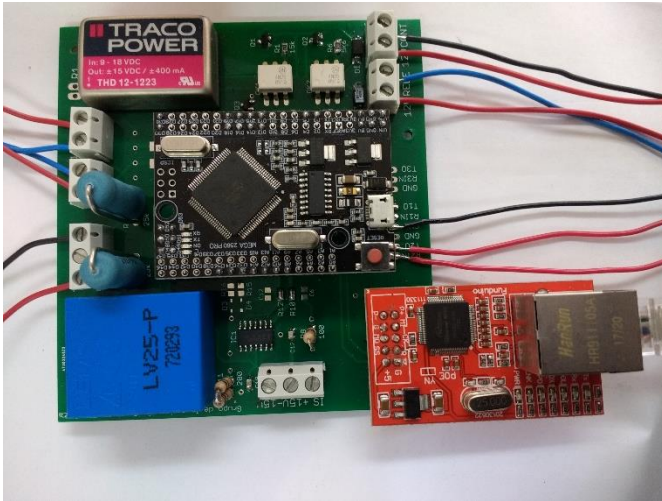


Fig. 8. Control Inteligente creado para el arranque suave del sistema

III. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha desarrollado un sistema para la adaptación de un inversor de aislada comercial para su integración en un bus de 360 VDC de una Smart Grid. El objetivo es desarrollar un sistema de estaciones de recarga para vehículos eléctricos de uso turístico.

También se ha diseñado e implementado el sistema para la monitorización del inversor, incluyendo corrientes, tensiones y el flujo de energía con la Smart Grid.

El sistema desarrollado puede resultar muy útil para la utilización de inversores de aislada comerciales y su uso en Smart Grid, con buses no convencionales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está financiado por los proyectos: “Transporte Turístico Urbano Eléctrico Sostenible (0517_TTUES_6_E)”, del Programa Operativo de Cooperación Transfronteriza España-Portugal (POCTEP) 2014-2020 y la Ayuda IJC2019-040114-I, financiada por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por “FSE Invierte en tu futuro”.

REFERENCIAS

- [1] M. Fazeli, J. Ekanayake, and P. Holland, “Explotación de inversores fotovoltaicos para soportar voltaje local: un modelo de pequeña señal,” *Trans. IEEE en*, 2014, Accessed: Nov. 13, 2021. [Online]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6736080/?casa_token=38BmHrJQoAAAAA:GzAM527mb4KTZ1QPHf-k15HBrdWxu22Y42FLRYDsi1hiAX4Q9t0PVPz47zjTJdINXfFjzKlA.
- [2] F. J. G. Sales, S. Seguí, C. Salvador, and O. Grau, “CONVERTIDORES ELECTRÓNICOS: ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, APLICACIONES Y DISEÑO,” *Colección Académica. Editor. UPV*, Nov. 2011, Accessed: Dec. 07, 2021. [Online]. Available: <https://riunet.upv.es/handle/10251/72021>.
- [3] I. Patrao Herrero, “Concepción e integración en microrredes residenciales de inversores multinivel sin transformador de aislamiento con extracción simultánea de la máxima potencia de múltiples generadores fotovoltaicos,” Jun. 2015, doi: 10.4995/THESIS/10251/52023.
- [4] C. A. C. Molano, J. A. C. Daza, R. B. Hueso, R. B. Hueso, O. J. Suarez, and A. P. Garcia, “Diseño De Controladores Clásicos E Inteligentes Para Regular El Voltaje De Entrada A Un Inversor En Un Sistema Fotovoltaico,” *Ing. e Innovación*, Oct. 2021, doi: 10.21897/23460466.2649.

Evaluation of a Low-cost Multispectral Device for Grape Ripening Status Assessment under Field Conditions

Miguel Noguera¹, Borja Millan¹, Ana Sayago², Ángeles Fernández-Recamales², and José Manuel Andújar¹

1. Research Centre for Technology, Energy and Sustainability (CITES). University of Huelva, 21819 Huelva, Spain
2. AgriFood Laboratory, Faculty of Experimental Sciences, University of Huelva, 21007 Huelva, Spain
miguel.noguera@diesia.uhu.es, borja.millan@diesia.uhu.es, ana.sayago@dqcm.uhu.es, recamale@dqcm.uhu.es, and andujar@diesia.uhu.es

Abstract- The present work aims to evaluate a low-cost multispectral device for non-destructive grape ripening status assessment. The proposed device was specially developed for in-field application and is based on a multispectral sensor, with a spectral response of 18 channels in a range from 410 to 940 nm. The experimental validation was carried out in a commercial vineyard in Rociana del Condado, Huelva. The proposed device was used to analyse 50 grape samples under field conditions. After being processed with the proposed device, the grape samples were analysed using standard chemical methods to generate ground truth values of ripening status indicators (soluble solid content, acidity, and pH). The 18-band reflectance measurements were used as input variables for developing artificial neural network models to estimate the three target parameters. The obtained results were promising, which paves the way for the implementation of a portable grape ripening appraisal system affordable for grape growers.

Keywords- AS7265x, multispectral, low-cost, grape, and ripening

I. INTRODUCTION

The whole concept of grape-wine quality encompasses several factors, such as, industrial, and phenolic maturity, sanitary status, the type of wine that intends to be developed and the features of the grape variety involved. There are numerous preharvest factors, such as, cultural practices and irrigation regimes, which can be modulated by the grower for controlling the grape ripening (Hidalgo Togores, 2006). For example, a deficit irrigation regime leads to a higher acidity and a lower pH, with no significant effect on berry sugar accumulation (López et al., 2007). Controlling the grape quality parameters during ripening, especially in the late stages is a key factor for winemakers since grape composition at harvest determine wine quality. The assessment of grape ripening by winemakers has traditionally been based on the measurement of parameters such as soluble solid content, acidity, pH, visual inspection, and fruit tasting, with a view to optimizing harvest timing and subsequently deciding on the price and destination of the raw material.

High sugar content and lower acidity are major indicators for grape ripening. However, these parameters in the moment of harvest should be adjust depending on the features of the wine that intends to be developed. The determination of the mentioned quality indicators is usually carried out by laboratory standard methods. Sugar content is typically

assessed by means of a refractometer. On the other hand, acidity is normally determined by titration of the must. Both techniques are time-consuming, destructive and require expensive laboratory equipment and trained personnel. Moreover, this factors greatly constrains the number of samples that can be processed, which redound in an incomplete information. Furthermore, the time required to process the samples may delay the decision of harvest time.

Under this context, the winemaking industry have shown an increasing interest in the development of non-destructive methods for measuring grape quality, both during on-vine ripening and on the winery. These methods would enable real-time decision-making, allowing to harvest in the optimum moment. The increasing awareness of grape quality criteria amongst growers and winemakers, will redound in a better final product for winemakers and the best economic return for growers.

In this sense, spectroscopy has demonstrated to be a powerful tool for non-invasive measurement of biophysical parameters of plants (Verrelst et al., 2019). It is based on the correlation between physical-chemical properties and absorption of light at different wavelengths. In fact, numerous studies have addressed the potential of spectroscopy technology for the analysis of grape ripening (Arana et al., 2005; Fernández-Navales et al., 2019, 2009; Herrera et al., 2003; Jarén et al., 2001). However, most of these publications are focused on hyperspectral systems, which are expensive, being inaccessible for most growers and winemakers. Furthermore, in many cases, because of its lack of manageability, they can be used just under laboratory conditions.

This work presents a custom built low-cost multispectral device specially designed for in-field applications. The proposed device was evaluated for assessing ripening indicators (soluble solid content, acidity, and pH) in a non-destructive way by means of measurements taken under field conditions.

II. MATERIALS AND METHODS

The proposed device is built around an AS7265x development board, based on the AS7265x smart spectral sensor family (AMS, AG, Austria). This sensor is composed

by 3 chips, having each of them 6 independent on-device optical filters whose spectral response is defined in a range from 410nm to 940nm, with full width at half maximum (FWHM) of 20nm per band. The combination of the three sensors results in an 18-channel multispectral sensor. As light source, an IR broadband LED emitter (OSLON P1616 SFH 4737, OSRAM, Germany), was used. This component is developed specifically for spectroscopy applications, providing a wide emission spectrum. A constant current LED driver (RCD-24, RECOM, Germany) allows to modulate capturing parameters (lighting intensity and power on time). The controller of the whole device is an Arduino MKR development board (Arduino LLC, Italy). Once the software is initiated it generates a new data file. Then, it waits for a user input (pressing the trigger button) to capture a sample spectrum. When capturing is triggered, the Arduino board sends the command to the sensor and gathers data. Then, the acquired data is stored in a SD-card for further analysis. The controller board can be connected to a PC for configuring internal parameters of the device (exposure time, gain, lighting time, and led intensity) by means of a custom software. In order to help and guide the user during the measurement, the developed device includes an OLED display, specifically a 0.96-inch panel with a resolution of 128 by 64 pixels. The availability of an integrated display avoids the necessity of a computer in the field or some other external device to verify the status of the device and its proper operation, also delivering real-time data. The system is powered by a 2s LiPo (Lithium-ion Polymer) battery connected to the device controller board. The device case was designed using Freecad 0.16 and manufactured with a 3D printer using biodegradable polylactic acid (PLA) filament. Three different parts were designed: a handle that holds the trigger button, a dome that holds the light source and integrate a light diffusion film (OptSaver L-9960, Kimoto LDT, Switzerland) placed in front of the sensor to homogenize the illumination, and finally the body of the device which include two different parts (front and back) to provide a perfect enclosure and protection to the rest of the components. Figure 1 shows the developed multispectral device from several points of view. All device elements are housed inside the developed casing, except the battery, which is installed outside to avoid temperature interferences with the sensor that could affect the precision of the measurement, as well as to simplify its in-field replacement.

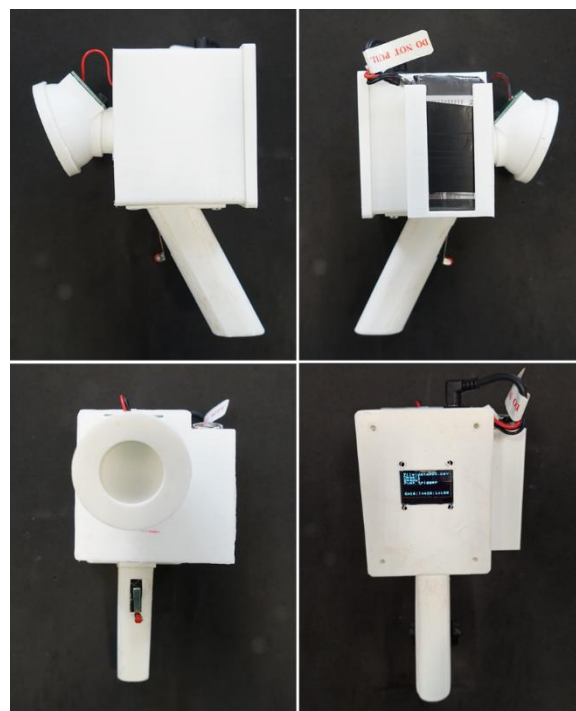


Fig. 1. Custom build multispectral device

An experiment was carried out in order to evaluate the proposed device for grape ripening status assessment. 50 grape samples of *Syrah* variety were collected in a vineyard corresponding to "Condado de Huelva" PDO (*Bodegas Contreras Ruiz, S.L, Rociana del Condado, Huelva*). The soil in the study area presents a heterogeneous composition with sandy-loam areas alternating with clay-loam zones. This irregular pattern in terms of soil composition is also reflected in the physiology of the plants, with zones where the ripening state of the grapes were more advanced. This irregular ripening rate allowed to access to an enough variability in terms of maturation in a single sampling date (July 22, 2021). This date was selected for being close to the harvest date established by the winery.

The sample unit was composed of a grape cluster. Each sample was captured with the proposed device immediately after being collected in field conditions, as is shown in Figure 2. Then, the samples were packaged and labelled. Once every 15 samples, a capture of a known reflectance surface (53% calibrated reflectance) was taken, in order to calibrate the samples reflectance to prevent eventual errors due to variations of the incident light.



Fig. 2. Proposed multispectral device during data acquisition

In this work, soluble solid content (SSC), acidity, and pH were defined as target parameters since they are widely accepted indicators of the ripening status of grapes. Each grape cluster was shelled. Then, 50 grapes per cluster were randomly selected and squeezed to obtain the must. The must was used to determine the SSC by means of a digital refractometer (HI96801, Hanna instruments, Spain). On the other hand, the must was also used to assess grape acidity and pH with an automatic acidity titralyser (LDS1155500, Dujardin-Salleron, France).

The artificial neural network (ANN) was used as retrieval method. The corrected reflectance of the 18 spectral bands captured by the sensor were used as input variables. Three alternative ANN models were trained to estimate the grape SSC, acidity, and pH, respectively. MATLAB R2020a (The MathWorks Inc., USA) was used for data processing and ANN training. The complete dataset (n =50) was randomly divided into three subsets: train (70%), internal validation (15%), and external validation (15%). The ANN architecture was composed of a hidden layer with ten neurons, eighteen inputs and one output. Thus, each ANN model was trained to estimate a unique grape ripening status indicator. The training process was automatically finished when generalization stopped improving. This was determined based on the mean square error (RMSE) between target and output data in the internal validation set.

The performance of the quality-estimation models was measured by means of the coefficient of determination (R^2). It was calculated using the reference values of SSC, acidity, and pH obtained by chemical methods, and the responses of each model for the estimation of the different parameters in the external validation groups.

III. RESULTS

The performance of the three neural networks trained to assess SSC, acidity, and pH are shown in Figures 3-5. These corresponds to the correlation between the output of the neural networks and the ground truth values obtained with chemical methods for the external validation data set. The performance

of the artificial neural network models was satisfactory for the three considered target parameters. In the case of SSC, the coefficient of determination (R^2) of the linear regressions between the SSC measured by the digital refractometer and the response of the model in the external validation was 0.68 (Figure 3). On the other, the ANN model aimed to estimate the grape acidity yielded a R^2 coefficient of 0.64 (Figure 4). Finally, regarding pH estimation, the performance of the ANN model was also good with an R^2 coefficient of 0.59 (Figure 5).

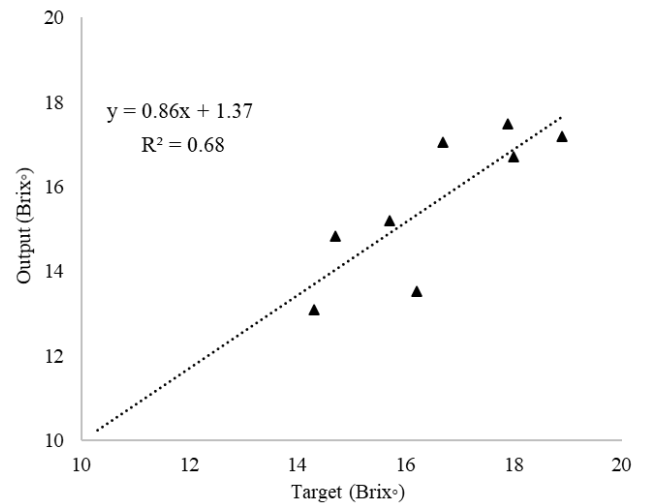


Fig. 3. Linear regressions between SSC (Brix°) measured through chemical methods and those estimated values based on ANN model

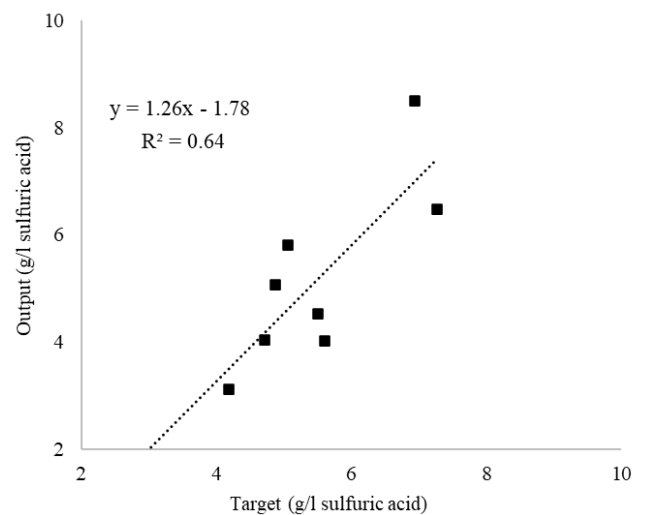


Fig. 4. Linear regressions between acidity (g/l sulfuric acid) measured through chemical methods and those estimated values based on ANN model

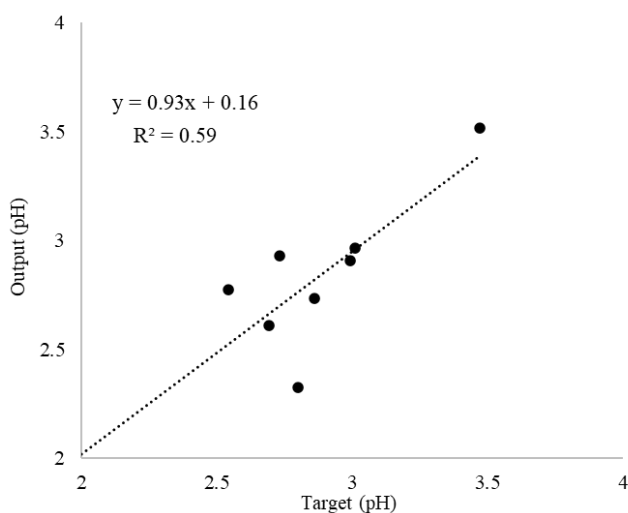


Fig. 5. Linear regressions between pH measured through chemical methods and those estimated values based on ANN model

IV. CONCLUSIONS

A preliminary evaluation of a low-cost tool for grape ripening status assessment was presented. A reduced number of samples was used to test the device and to generate neural networks that were able to estimate three ripening indicators: soluble solid content, acidity, and pH. The results in the three cases were promising, even more considering that the data collection was done under field conditions. Furthermore, the proposed method is non-destructive, while the standard chemical methods usually employed for determining these parameters require the extraction of the must from the grapes. However, even when the results are promising, extensive test must be conducted, expanding to other grapes varieties and environmental conditions, to fully assess the device performance.

ACKNOWLEDGEMENTS

- Grant PID2020-119217RA-I00 funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by “ERDF A way of making Europe”, by the “European Union”.
- Grant IJC2019-040114-I funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by “European Union Next Generation EU/PRTR”.
- Grant "Aplicación de sensores de bajo coste para la monitorización de maduración de la uva para vinos y vinagres del condado de Huelva". Funded by the UHU's provincial professorship. Call 2020.
- Authors would like to acknowledge “Cátedra del Vino” from Universidad de Huelva, for his support regarding chemical analysis.

REFERENCES

- Arana, I., Jarén, C., Arazuri, S., 2005. Maturity, variety and origin determination in white grapes (*Vitis Vinifera* L.) using near infrared reflectance technology. *J. Near Infrared Spectrosc.* 13, 349–357. <https://doi.org/10.1255/jnirs.566>
- Fernández-Navales, J., Garde-Cerdán, T., Tardáguila, J., Gutiérrez-Gamboa, G., Pérez-Álvarez, E.P., Diago, M.P., 2019. Assessment of amino acids and total soluble solids in intact grape berries using contactless Vis and NIR spectroscopy during ripening. *Talanta* 199, 244–253.

- <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.02.037>
- Fernández-Navales, J., López, M.I., Sánchez, M.T., García-Mesa, J.A., González-Caballero, V., 2009. Assessment of quality parameters in grapes during ripening using a miniature fiber-optic near-infrared spectrometer. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 60, 265–277. <https://doi.org/10.1080/09637480903093116>
- Herrera, J., Guesalaga, A., Agosin, E., 2003. Shortwave-near infrared spectroscopy for non-destructive determination of maturity of wine grapes. *Meas. Sci. Technol.* 14, 689–697. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/14/5/320>
- Hidalgo Togores, J., 2006. La calidad del vino desde el viñedo - José Hidalgo Togores - Google Libros. Mundi-Prensa Libros S.A., Madrid.
- Jarén, C., Ortuño, J.C., Arazuri, S., Arana, J.I., Salvadores, M.C., 2001. Sugar determination in grapes using NIR technology. *Int. J. Infrared Millimeter Waves* 22, 1521–1530. <https://doi.org/10.1023/A:1015046908814>
- López, M.I., Sánchez, M.T., Díaz, A., Ramírez, P., Morales, J., 2007. Influence of a deficit irrigation regime during ripening on berry composition in grapevines (*Vitis vinifera* L.) grown in semi-arid areas. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 58, 491–507. <https://doi.org/10.1080/09637480701311801>
- Verrelst, J., Malenovsky, Z., Van der Tol, C., Camps-Valls, G., Gastellu-Etchegorry, J.P., Lewis, P., North, P., Moreno, J., 2019. Quantifying Vegetation Biophysical Variables from Imaging Spectroscopy Data: A Review on Retrieval Methods. *Surv. Geophys.* <https://doi.org/10.1007/s10712-018-9478-y>

Herramientas para el Análisis de la Toxicidad de los Embalses para Suministro de Agua Potable mediante Imágenes Satelitales

Uso de la Teledetección Aplicado al Control del Servicio de Abastecimiento de Agua Potable

Ángel Felipe Pulido¹, Ulises Gamero²

¹ Tco. Servicio de Comunicación y Planificación Estratégica

¹ Promedio, Consorcio de Gestión de Servicios Medioambientales de la Diputación de Badajoz

² J. Servicio de Transformación Digital

² Área de Transformación Digital y Turismo de la Diputación de Badajoz

Dirección Av/ Pardaleras nº 64; 06003-Badajoz

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

Resumen- Los embalses utilizados para el abastecimiento de agua potable en algunos casos suelen tener un alto contenido en nutrientes, y esto junto al aumento de la temperatura genera un riesgo para que cianobacterias proliferen en el agua. Esta es una preocupación creciente en los países del área mediterránea, dado que puede tener consecuencias importantes para la salud, no siendo apta el agua para su distribución y consumo. Promedio ha estado investigando cómo poder anticiparse a este problema. Una de las investigaciones llevadas a cabo ha sido evaluar la idoneidad de las imágenes satelitales Sentinel-2 del programa de observación de la tierra Copernicus de la Comisión Europea para el monitoreo de embalses. Este estudio se ha basado en la aplicación de varios índices de 20 y 10 m de resolución. Estos métodos proporcionarán una herramienta esencial para la monitorización continuada de embalses y lagos afectados por estos problemas.

Palabras Clave- Calidad del agua, Abastecimiento de agua, Teledetección, Cianobacterias, Sentinel, Programa Copernicus, Proliferación de algas

I. INTRODUCCIÓN

Promedio es un consorcio orientado a la gestión municipal de los servicios medioambientales de carácter local en la provincia de Badajoz. Se puso en marcha en 2005 por la Diputación de Badajoz junto a los municipios y mancomunidades de la provincia. Está orientado a la gestión supramunicipal de los servicios medioambientales de carácter local. El consorcio nació en un momento en el que los municipios de la provincia de Badajoz tenían serias dificultades para hacer frente a las competencias municipales en materia de residuos y de gestión del agua. El pequeño tamaño y sus escasos recursos provocaban que los habitantes de estos pueblos no recibieran el servicio con la calidad a la que tienen derecho.

Promedio se encarga de la gestión del Ciclo Integral del Agua, constituida por la potabilización y distribución del agua hacia los municipios, gestionando 15 estaciones de tratamiento, 49 depósitos y 900 kilómetros de tuberías dando servicio a 52 municipios. También se gestiona la depuración del agua residual con 56 estaciones de tratamiento y se da servicio de recogida de sólidos urbanos a 113 municipios, con una flota de 183 vehículos.

Dentro del servicio de abastecimiento de agua potable se puede diferenciar dos fases: distribución de agua en alta y en baja. La distribución en alta es la gestión desde la captación de agua de los embalses o pozos hacia unas instalaciones llamadas estaciones de tratamiento de agua potable (ETAPs), en las que se depura el agua procedente de la acometida mediante tratamientos industriales, hasta conseguir que sea potable. Posteriormente mediante bombeos se lleva el agua ya potabilizada a la entrada del depósito municipal. La distribución de agua en baja se define desde el depósito municipal hasta la acometida de la vivienda del abonado.

Los pantanos y embalses de agua utilizados como fuente de suministro de agua, en algunos casos suelen tener un alto contenido en nutrientes. Esto genera un riesgo para que cianobacterias (algas verde-azuladas) proliferen en el agua y presenten sus efectos, con consecuencias de diversa naturaleza, como la obstrucción de conducciones o, más importante, originar toxinas. Las cianotoxinas son producidas y almacenadas en las células de las cianobacterias y suelen liberarse después de la muerte de la célula. Las más frecuentes son las procedentes del género *Microcystis*, las microcistinas, que además son muy estables y pueden permanecer en el agua varios días después de que desaparezcan las algas que la generaron. La proliferación de cianobacterias suele estar ligada a los nutrientes del embalse como nitrógeno y fósforo. El aumento de la luz, pH y la temperatura son claves para la su aparición [1].

La propagación de estas cianobacterias es una preocupación creciente en los países del área mediterránea por la eutrofización y el aumento de la temperatura del agua motivado por el cambio climático [2]. Las consecuencias de la aparición de estas microcistinas son un condicionante para el servicio de abastecimiento de agua potable, dado que su concentración hace que el agua no pueda ser tratada para su potabilización. En el caso de animales hay numerosas referencias de muertes por su toxicidad. En humanos puede tener consecuencias importantes para la salud, no siendo apta el agua para su distribución, pudiendo generar problemas hepáticos y renales además de cefaleas y vómitos. La

Organización Mundial de la Salud da un valor de referencia de 1 µg/l correspondiente a cianotoxina, cuya presencia en el agua de consumo puede afectar a la salud [3], pero no será hasta que entre en vigor la nueva Directiva del Agua Europea cuando finalmente queden regulados los valores de referencia.

En la provincia de Badajoz, en mayo de 2018, en el embalse de Los Molinos ocurrió un caso de proliferación de microcistinas que provocó el corte de suministro de agua potable en varias localidades. Desde entonces Promedio ha estado realizando distintos proyectos con el objetivo común de saber cómo poder anticiparse a este problema y poder eliminarlo.

La investigación llevada a cabo estudia la capacidad de las imágenes satelitales Sentinel-2 de los programas de observación de la tierra Copernicus de la Comisión Europea para la monitorización de embalses. Actualmente existen otros satélites como Terra/Aqua MODIS con sensores de calidad de agua pero con resoluciones de 1.000 m que no son de gran aplicación para la detección de estas algas en pequeños embalses por su resolución, pero los satélites Sentinel-2 permiten resoluciones de 20 y 10 m que sí que pueden ser usados para este fin.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

A. Casos de estudio

Para elaborar este estudio se han analizado en distintas épocas tres casos de pantanos y embalses donde se ha tenido registro de casos de proliferación de algas para poder comparar y validar los indicadores:

TABLA I
CASOS DE ESTUDIO

Nombre	Coordenadas (WGS84)	Referencia
Laguna Lake	14,387752; 121,188277	[4]
Lesser Slave	55,443978; 115,526593	[8]
Los Molinos	38,519972; -6,117455	[1]

B. Obtención de las imágenes de Sentinel-2

La Agencia Espacial Europea (ESA) junto a la Unión Europea a través de la Agencia Europea de Medio Ambiente ha desarrollado el programa Copernicus que pretende observar la tierra y que sus datos sean abiertos a la comunidad científica a cualquier persona interesada. Desde el año 2014 viene poniendo en órbita una serie de misiones satelitales denominadas Sentinel.

Actualmente hay disponibles tres misiones Sentinel-1 que emplean antenas RADAR para el estudio de la superficie terrestre y oceánica. Sentinel-3A/B provee de servicios globales de monitorización de la tierra y los océanos y posee una resolución de 300 m y Sentinel-2A/2B que posee 13, bandas con resoluciones de 10, 20 y 60 m.

La misión Sentinel-2A fue lanzada en 2015, mientras que Sentinel-2B fue lanzada el 7 de marzo de 2017. El tiempo de paso de los dos satélites es de 10 días y de 5 días en conjunto, separados 180°. Estos satélites disponen de bandas que operan desde el visible hasta el infrarrojo de onda corta (SWIR). La información de estos satélites se publica a través de la plataforma de datos abiertos del Programa Copernicus, con dos niveles nivel 1 (S2_MSI_L1C); reflectancias en el tope de la

atmósfera (TOA) georreferenciadas, y nivel 2 (S2_MSI_L2A), reflectancias a nivel del suelo (BOA) georreferenciadas. Las imágenes de nivel 2, a diferencia de las de nivel 1, corresponden a imágenes corregidas atmosféricamente.

De las 13 bandas publicadas, cuatro bandas tienen una resolución de 10 m 490 nm (B2), 560 nm (B3), 665 nm (B4), 842 nm (B8), seis bandas tienen resolución de 20 m 705 nm (B5), 740 nm (B6), 783 nm (B7), 865 nm (B8A), 1610 nm (B11), 2190 nm (B12) y tres tienen resolución de 60 m 443 nm (B1), 945 nm (B9) y 1375 nm (B10) [6].

C. Análisis de los indicadores

En la siguiente tabla se muestran los indicadores de cianobacterias y otros como clorofila o turbidez, que suelen estar ligados a la presencia de estas bacterias.

TABLA II
INDICADORES ESTUDIADOS

Indicador	Cálculo	Referencia	Resolución (m)
<i>NDCI</i>	$(B5-B4) / (B5+B4)$	[4][7]	20
<i>Chl-a</i>	$((B5/B4) - 1,103) \times 0,1072$	[8]	20
<i>NDWI</i>	$(B3-B8) / (B3+B8)$	[1]	10
<i>NDVI</i>	$(B8-B4) / (B8+B4)$	[1]	10
<i>Turbidez (TU)</i>	$(B4-0,014) \times 0,013$	[8]	10

Las herramientas utilizadas para este estudio han sido ERDAS Imagine de Hexagon Geospatial, QGIS LTR 3.16.13 y librerías GDAL/OGR 3.4.0.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El indicador NDCI descrito por [4] y [7] ha resultado capaz de identificar la proliferación de las cianobacterias en las tres ubicaciones distintas (Fig. 1 y 2).

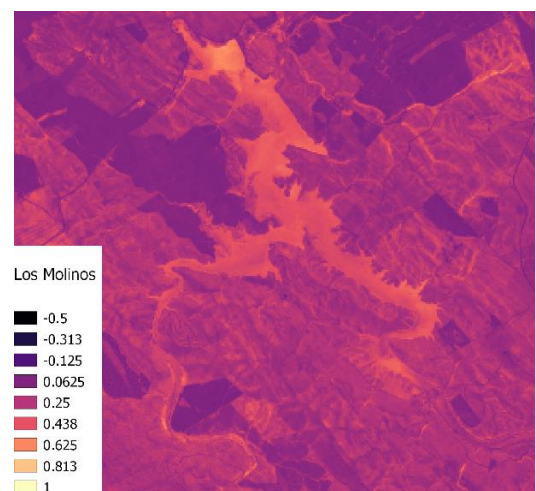


Fig. 1. Embalse de Los Molinos NDCI



Fig. 2. Lesser Slave River, Laguna Lake NDCI

En el caso del embalse de Los Molinos el histograma resultante (Fig. 3) expresa alta frecuencia de valores comprendidos entre 0,2 y 0,4 identificando el caso que aconteció en 2018.

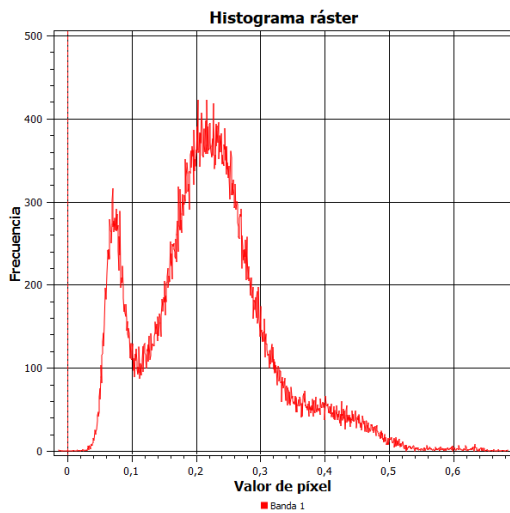


Fig. 3. Histograma frecuencia valores

El indicador Chl-a ha obtenido resultados gráficamente similares a los del NDCI pero con mayor amplitud de sus valores como puede verse en la Fig. 4.

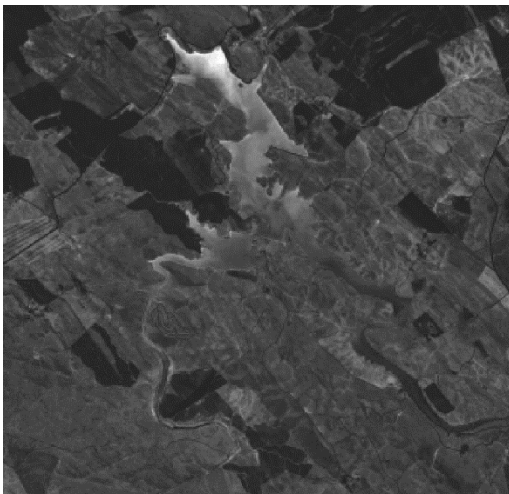


Fig. 4. Embalse de Los Molinos Chl-a

El NDWI no ha dado tan buenos resultados en estos casos como el NDCI. Con la misma resolución y la turbidez ha resultado tener valores distintos antes y después de la llegada de las cianobacterias.

El indicador NDVI ha localizado de manera óptima el caso de cianobacterias con una resolución de 10 m, como puede verse en la Fig 5.

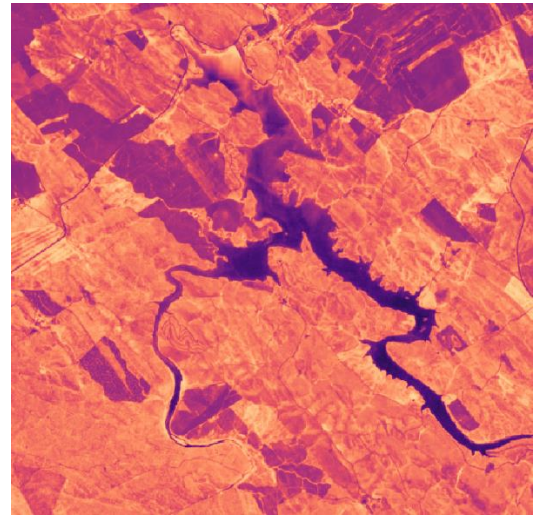


Fig. 5. Embalse de Los Molinos NDVI

IV. CONCLUSIONES

Para resoluciones de 20 m el indicador que detecta mejor los casos ha sido el NDCI, compuesto por las bandas B4 y B5. Este indicador ha podido diferenciar todos los casos de cianobacterias. Sin embargo, en resoluciones de 10 m el indicador más interesante resulta ser el NDVI, combinando las bandas B4 y B8.

El indicador de turbidez basado en K2 ha resultado tener valores interesantes, puesto que aumentan antes de la proliferación de cianobacterias.

Estos indicadores podrían elaborar un sistema de alertas basado en el aumento del porcentaje de valores de pixel superiores a las condiciones normales sin cianobacterias.

AGRADECIMIENTOS

Al Área de Planificación e Innovación Tecnológica de la Diputación de Badajoz por el uso de las licencias de ERDAS Imagine.

Al grupo Hexagon por el soporte prestado en concreto a Begoña Verdejo y Julio Llerena.

REFERENCIAS

- [1] Viso-Vázquez, M.; Acuña-Alonso, C.; Rodríguez, J.L.; Álvarez, X. Remote Detection of Cyanobacterial Blooms and Chlorophyll-a Analysis in a Eutrophic Reservoir Using Sentinel-2. Sustainability, 13, 8570, (2021)
- [2] Bonilla, S., Haakonsson, S., Somma, A., Gravier, A., Britos, A., Vidal, L., ... & Aubriot, L. (2015). Cianobacterias y cianotoxinas en ecosistemas límnicos de Uruguay. Innotec, (10), 9-22, 201, (2015)
- [3] Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management, Edited by Ingrid Chorus and Jamie Bartram, recuperado el 29 de noviembre de 2021, https://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/toxycyanbein.pdf
- [4] Caballero, I.; Navarro, G.; Monitoring cyanoHABs and water quality in Laguna Lake (Philippines) with Sentinel-2 satellites during the 2020 Pacific typhoon season, Science of The Total Environment, Volume 788, (2021)
- [5] Lesser Slave River News, recuperado el 29 de noviembre de 2021, <https://www.mdlsr.ca/md-media-centre/news-publications/news/297-blue-green-algae-advisory-for-lesser-slave-lake>
- [6] SENTINEL 2 recuperado el 29 de noviembre de 2021, https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/SENTINEL_2
- [7] Mishra, S., Mishra, D.R., 2012. Normalized difference chlorophyll index: a novel model for remote estimation of chlorophyll-a concentration in turbid productive waters. Remote Sens. Environ. 117, 394–406, (2012)

- [8] Katlane, R., Dupouy, C., El Kilani, B. and Berges, J.C. Estimation of Chlorophyll and Turbidity Using Sentinel 2A and EO1 Data in Kneiss Archipelago Gulf of Gabes, Tunisia. *International Journal of Geosciences*, 11, 708-728, (2020)

Tuberías de Agua Potable: Energía Hidráulica y/o Energía Eléctrica

Ángel Mariano Rodríguez-Pérez¹, Inmaculada Pulido-Calvo²

¹Departamento de Ingeniería Minera, Mecánica, Energética y de la Construcción, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Campus El Carmen, Universidad de Huelva, 21007 Huelva (Spain)

²Departamento de Ciencias Agroforestales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Campus El Carmen, Universidad de Huelva, 21007 Huelva (Spain)
angel.rodriguez@dci.uhu.es, ipulido@uhu.es

Resumen- Este trabajo se centra en el análisis y evaluación de la instalación de turbinas convencionales y/o PATs (Pumps as Turbines = Bombas trabajando como Turbinas) en sistemas urbanos de abastecimiento de agua para el aprovechamiento de la energía hidráulica no utilizada. Se constituye como un compendio de las metodologías y resultados obtenidos durante el desarrollo de la Tesis Doctoral ‘Análisis y evaluación del uso de turbinas para la recuperación de energía en redes hidráulicas a presión’ realizada por Ángel Mariano Rodríguez Pérez y dirigida por Inmaculada Pulido Calvo. Esta Tesis Doctoral se ha realizado dentro del Programa Oficial de Doctorado ‘Ciencia y Tecnología Industrial y Ambiental’ de la Escuela de Doctorado de la Universidad de Huelva. La metodología seguida incluye las siguientes etapas: (a) Selección de redes hidráulicas en funcionamiento que sean factibles de estudio porque cuenten con tomas/nudos con exceso de presión; (b) Caracterización y determinación de las tomas/nudos en los que es viable la instalación de las turbinas y/o PATs; (c) Determinación de la capacidad hidráulica (caudal y altura de energía) de las turbinas y/o PATs comerciales a instalar; y (d) Análisis de viabilidad económica considerando la posible generación de energía eléctrica y sus distintos usos. Estas etapas se han implementado e integrado en una aplicación de ordenador desarrollado en JAVA que permite poder calcular de forma automática el tipo y la capacidad hidráulica de las turbinas y/o PATs que podrían instalarse considerando los condicionantes y las restricciones hidráulicas de un sistema de distribución de agua específico. Además, esta aplicación proporciona cuánta energía anual se podría recuperar de la red hidráulica a presión. Para la validación de la metodología seguida se han estudiado y evaluado las posibles alternativas de instalar turbinas convencionales y/o PATs en la cabecera de las redes hidráulicas a presión de tres localidades de la provincia de Huelva (Andalucía, suroeste de España): La Puebla de Guzmán, Cañaveral de León y Aracena. Estos tres sistemas de abastecimiento están gestionados por la empresa pública ‘Gestión Integral del Agua Costa de Huelva S.A. (Giahsa)’. Los resultados obtenidos en la red hidráulica de Aracena aportan varias opciones de instalación: una turbina BANKI, una turbina TURGO, una turbina Pelton, una turbina Kaplan o una bomba trabajando como turbina (PAT), todas ellas de 2 kW, que podrían generar una energía anual aproximada de 17,52 MWh/año. En el sistema de abastecimiento de agua de Cañaveral de León la mejor solución es una turbina BANKI de 0,75 kW con una generación potencial de energía de 6,57 MWh/año. En el caso de La Puebla de Guzmán las mejores opciones de instalación son: una turbina BANKI, una turbina TURGO, una turbina Pelton o una turbina Francis, todas ellas de 50 kW que podría llegar a generar una energía de 280 MWh/año.

Palabras Clave- Turbina, PAT, programa de ordenador, desarrollo sostenible, generación de energía eléctrica

I. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento del exceso de energía en redes hidráulicas a presión es una alternativa para la generación de energía eléctrica que podría favorecer un desarrollo sostenible de los núcleos urbanos donde están instalados estos sistemas de abastecimiento de agua. Es decir, cumplir con los tres pilares del desarrollo sostenible: económico, social y ambiental [1].

Para la consecución de este objetivo global se evalúa la instalación de turbinas convencionales y/o bombas trabajando como turbinas (PATs = Pumps as Turbines) para el aprovechamiento de la energía hidráulica no utilizada en sistemas urbanos de abastecimiento de agua.

Este trabajo se constituye como un compendio de las metodologías y resultados obtenidos durante el desarrollo de la Tesis Doctoral ‘Análisis y evaluación del uso de turbinas para la recuperación de energía en redes hidráulicas a presión’ realizada por Ángel Mariano Rodríguez Pérez y dirigida por Inmaculada Pulido Calvo. Esta Tesis Doctoral se ha realizado dentro del Programa Oficial de Doctorado ‘Ciencia y Tecnología Industrial y Ambiental’ de la Escuela de Doctorado de la Universidad de Huelva [2].

II. MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología seguida incluye las siguientes etapas: (a) Selección de redes hidráulicas en funcionamiento que sean factibles de estudio porque cuenten con tomas/nudos con exceso de presión; (b) Caracterización y determinación de las tomas/nudos en los que es viable la instalación de las turbinas y/o PATs; (c) Determinación de la capacidad hidráulica (caudal y altura de energía) de las turbinas y/o PATs comerciales a instalar; y (d) Análisis de viabilidad económica considerando la posible generación de energía eléctrica y sus distintos usos [3]-[5].

Estas etapas se han implementado e integrado en una aplicación de ordenador desarrollado en JAVA que permite poder calcular de forma automática el tipo y la capacidad hidráulica de las turbinas y/o PATs que podrían instalarse considerando los condicionantes y las restricciones hidráulicas de un sistema de distribución de agua específico [5]. Además, esta aplicación proporciona cuánta energía anual se podría recuperar de la red hidráulica a presión.

Esta aplicación de ordenador tiene implementada una base de datos con los rangos de operación de turbinas y PATs comerciales que facilitan la selección automática de las máquinas hidráulicas idóneas para cada ubicación en estudio una vez conocidos los condicionantes hidráulicos que se

incluyen como datos de entrada. Con esta base de datos se ha elaborado un diagrama salto neto-caudal de cada una de las turbinas y/o PATs comerciales cuya visualización se muestra en la figura 1. De este modo, para un punto de operación determinado por los requerimientos hidráulicos de la instalación en estudio se evalúan de forma automática los rangos de funcionamiento en los cuales las turbinas Pelton, Banki, Francis, Kaplan, Turgo y/o PATs tienen un mejor rendimiento [3]-[5].

Este programa de ordenador permite dos opciones de cálculo. Para la primera opción, como se puede ver en la figura 1, solo es necesario introducir como variables de entrada el caudal y la altura de energía neta disponible, así como las horas previstas de funcionamiento de la máquina hidráulica.

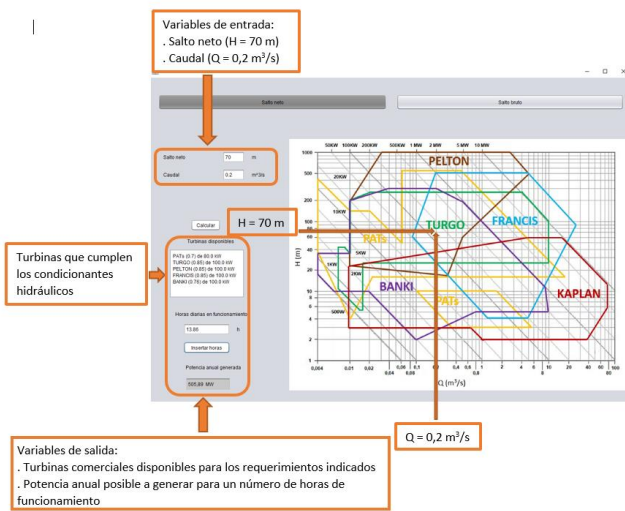


Fig. 1. Ventana principal del programa de ordenador con variable de entrada altura de energía neta (primera alternativa de cálculo) [4]-[6]

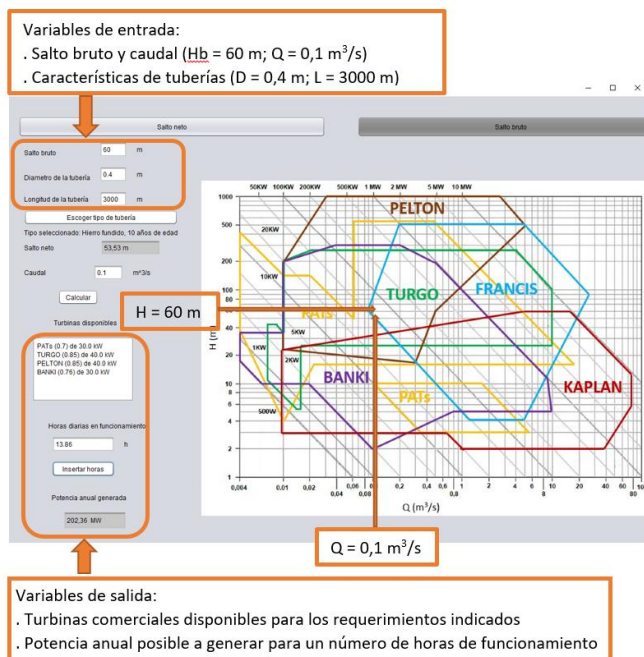


Fig. 2. Ventana principal del programa de ordenador con variable de entrada altura de energía bruta (segunda alternativa de cálculo) [4]-[6]

La segunda opción, como se puede ver en la figura 2, se debe utilizar cuando no se conoce la altura neta disponible de energía en la red hidráulica. En este caso, el programa calcula las pérdidas de carga para calcular, a partir de la altura bruta de energía disponible, la altura neta. En este caso, las variables de entrada al programa son: el caudal, la altura bruta de energía y las características de las conducciones (diámetro, longitud y material).

III. RESULTADOS

Para la validación de los métodos desarrollados se han estudiado y evaluado las posibles alternativas de instalar turbinas convencionales y/o PATs en la cabecera de las redes hidráulicas a presión de tres localidades de la provincia de Huelva (Andalucía, suroeste de España): La Puebla de Guzmán, Cañaveral de León y Aracena [2]-[9]. Estos tres sistemas de abastecimiento están gestionados por la empresa pública ‘Gestión Integral del Agua Costa de Huelva S.A. (Giahsa)’.

Los resultados obtenidos en la red hidráulica de Aracena muestran que hay varias opciones de instalación: una turbina BANKI, una turbina TURGO, una turbina Pelton, una turbina Kaplan o una bomba trabajando como turbina (PAT), todas ellas de una potencia de 2 kW. Estas máquinas hidráulicas podrían generar una energía anual aproximada de 17,52 MWh/año.

En el sistema de abastecimiento de agua de Cañaveral de León la mejor opción sería colocar una turbina BANKI de 0,75 kW con una posible generación de energía de 6,57 MWh/año. La turbina BANKI funcionaría con un rendimiento del 76%.

En el caso de La Puebla de Guzmán se obtienen varias alternativas de instalación: una turbina BANKI, una turbina TURGO, una turbina Pelton o una turbina Francis, todas ellas de 50 kW. La posibilidad de la colocación de una bomba trabajando como turbina (PAT) quedaría descartada por su menor rendimiento. Se podría llegar a generar una energía de 280 MWh/año.

IV. CONCLUSIONES

Se ha estudiado la viabilidad de la instalación de turbinas y/o PATs comerciales en diferentes cabeceras de redes hidráulicas a presión para el abastecimiento de agua de núcleos urbanos con el objetivo de la recuperación de la energía hidráulica no utilizada. Se ha construido y diseñado un diagrama de representación de los rangos de operación de distintas turbinas y PATs existentes en el mercado actual relacionando las alturas de energía y los caudales nominales de estas máquinas hidráulicas. Para el análisis y selección automática de estas máquinas hidráulicas en una instalación determinada, con unos requerimientos de caudal y altura de energía específicos, se ha diseñado y desarrollado un programa informático. Los resultados obtenidos mediante la aplicación de los métodos propuestos en tres sistemas de abastecimiento urbanos de agua muestran la posibilidad de aprovechar de forma satisfactoria la energía hidráulica no utilizada.

REFERENCIAS

[1] European Commission. A Strategic Framework on Climate and Energy for the Period 2020–2030. In Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and

- Social Committee and the Committee of the Regions; European Commission: Brussels, Belgium, 2014.
- [2] Rodríguez-Pérez, A.M. Análisis y evaluación del uso de turbinas para la recuperación de energía en redes hidráulicas a presión. Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Huelva, Huelva, España, 2021.
 - [3] Rodríguez-Pérez, A.M., Pulido-Calvo, I. Analysis and viability of microturbines in hydraulic networks: a case study. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 68(6), 474-482, 2019.
 - [4] Rodríguez-Pérez, A.M., Pérez-Calañas, C., Pulido-Calvo, I. Energy recovery in pressurized hydraulic networks. *Water Resources Management*, 35(6), 1977-1990, 2021.
 - [5] Rodríguez-Pérez, A.M., Pulido-Calvo, I., Cáceres-Ramos, P. A computer program to support the selection of turbines to recover unused energy at hydraulic networks. *Water*, 13(4), 467, 2021.
 - [6] Rodríguez-Pérez, A.M., Pulido-Calvo, I., Cáceres-Ramos, P. Programa de ordenador para la selección de turbinas: Aprovechamiento de energía en redes hidráulicas a presión. XXIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, IAHR/AMH, México, Evento virtual, 2021.
 - [7] Rodríguez-Pérez, A.M., Pérez-Calañas, C., Pulido-Calvo, I. Selección de la localización y el tipo de microturbinas en redes hidráulicas a presión. VI Jornadas de Ingeniería del Agua, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, España, 553-556, 2019.
 - [8] Rodríguez-Pérez, A.M., Pulido-Calvo, I., Pereira-Villaseñor, M., Domínguez-Castro, L. Evaluación de la instalación de microturbinas en redes hidráulicas a presión. V Jornadas de Ingeniería del Agua, Universidade da Coruña, A Coruña, España, 2017.
 - [9] Rodríguez-Pérez, A.M., Pulido-Calvo, I., Pereira-Villaseñor, M., Domínguez-Castro, L. Microturbina para el aprovechamiento de la energía hidráulica en el sistema de abastecimiento de agua de la ETAP del Andévalo (Huelva). X Simposio del Agua en Andalucía, Unidos por el Agua, Club del Agua Subterránea, Huelva, España, II, 333-342, 2018.

Principales Modelos de Negocio de Transporte Colaborativo: Análisis de la Percepción de los Usuarios a Través de sus Apps

Dra. Rocío Hernández-Garrido, Dr. David Perea, Dra. Cinta Pérez-Calañas
 Departamento de Dirección de Empresas de Marketing
 Universidad de Huelva
 Dirección Plaza de La Merced 11. 21002 Huelva
 rocio.hernandez@dem.uhu.es, dperea@us.es, cinta.calanas@dec.d.uhu.es

Resumen- La economía colaborativa ha ido creciendo exponencialmente en los últimos años, imponiéndose en muchos sectores, entre ellos, en el sector del transporte. El transporte colaborativo supone una opción que se está implantando entre la ciudadanía como una alternativa sostenible. Este estudio tiene como objetivo analizar la percepción de las principales aplicaciones (apps) de transporte colaborativo desde el punto de vista de los usuarios. Concretamente, nos centramos en las principales apps de transporte colaborativo usadas en España, esto es, Blablacar y Amovens. La metodología utilizada para poder llevar a cabo este estudio ha sido web scraping, a través del uso del software libre R. Este estudio podría ser relevante en el campo teórico del transporte en las ciudades ya que no existen apenas estudios en la literatura que traten esta temática.

Palabras Clave- ScienCity, Carpooling, Economía Colaborativa, Transporte, Apps

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y comunicación (TICs) así como las redes sociales y las aplicaciones está teniendo grandes consecuencias en la forma en que consumimos hoy día (De Kerckhove 1997). Este hecho está teniendo una gran repercusión en la economía colaborativa. Dentro de la economía colaborativa, podemos destacar el sector del transporte con el fenómeno del carpooling. El carpooling nació con el objetivo de proporcionar movilidad a las personas, normalmente jóvenes, con escaso poder adquisitivo y que no se podían permitir un vehículo propio (Shaheen, Stocker & Mundler, 2017). Sin embargo, hoy día supone una opción alternativa económica y sostenible. De hecho, el carpooling se presenta como una opción para solventar el problema del transporte en las ciudades inteligentes.

La mayoría de la población de una ciudad hace uso de los transportes para poder desplazarse entre ciudades. Sin embargo, la opción de transporte colaborativo es una alternativa que se está implantando entre la ciudadanía como una opción de compartir gastos, así como cuidar el medio ambiente.

A pesar de la creciente importancia que este tipo de transporte está teniendo, son todavía pocos los estudios llevados a cabo sobre esta temática.

Por lo tanto, este estudio se centra en analizar la percepción que los usuarios españoles tienen sobre las principales apps de transporte colaborativo. Concretamente, nos centraremos en la app principal internacional por

excelencia (Blablacar) y otra app de origen español (Amovens) que supone una competencia para este gigante del transporte.

II. METODOLOGÍA

Para poder llevar a cabo este estudio, nos centramos en analizar las reseñas de los usuarios de las apps que componen la muestra utilizada, es decir, Blablacar y Amovens. Para su obtención, entre las tiendas de aplicaciones existentes, se utilizó Google Play como fuente de datos ya que a pesar de que Apple (IOS) tiene mejores ganancias (Möller et al., 2012), Google (Android) lidera en descargas de aplicaciones.

La recopilación de revisiones se llevó a cabo durante el mes de noviembre de 2021 utilizando rvest, un paquete de software de código abierto, R, (R Core Team, 2018) para facilitar la descarga y luego la manipulación de HTML y XML. Gracias a este software, podemos obtener automáticamente la información de las apps a través de la técnica de web scraping. El flujo básico que se sigue en esta técnica es la siguiente: (1) análisis de la estructura de la página web, (2) análisis del contenido HTML, (4) obtención de la URL, (5) obtención de la fuente de la página web, (6) selección datos y (7) procesamiento de los datos.

De esta manera, obtuvimos de forma automática un total de 1.600 métricas de las reseñas que habían dejado los usuarios en las apps de estudio que abarcan desde el período de enero 2020 a octubre 2021. Estas métricas consisten en obtener los “me gustan” recibidos de cada reseña y si esa reseña ha sido o no respondida por el desarrollador de la app de estudio. A partir de la información obtenida, hacemos una comparativa entre los datos obtenidos de las dos apps de estudio de transporte colaborativo.

También se llevó a cabo un análisis cualitativo en el que analizamos el contenido de cada una de las reseñas obtenidas con el objetivo de identificar la frecuencia de cada palabra y poder así conocer cuál es la percepción de los usuarios sobre este tipo de apps mediante el uso de la minería de texto. Las palabras más frecuentes que aparecen en las reseñas proporcionadas por los usuarios, se obtuvieron aplicando la biblioteca R “tm” (Feinerer, Hornik, & Meyer, 2017). Éste es un paquete que consiste en un marco de minería de texto que proporciona algunas potentes funciones para el procesamiento de texto. Algunas de las funciones de este paquete incluyen la eliminación de palabras vacías, eliminación de espacios en blanco etc. Todo esto se usa en un

corpus que supone una colección de documentos de texto, siendo la estructura principal para administrar documentos en tm.

III. RESULTADOS

Los datos comparativos entre las apps de transporte colaborativos de Amovens y Blablacar se presentan en la tabla 1. En ella se refleja el ámbito geográfico de la app, la fecha de lanzamiento de la misma, el nivel de descargas, la valoración obtenida, la comisión que la app cobra, las reseñas (españolas) extraídas y su nivel de soporte e interés.

Los resultados muestran como ambas apps de estudio tienen un ámbito de uso diferente, mientras que Blablacar se usa a nivel internacional, la app Amovens es de origen español y solamente se usa en territorio nacional. Blablacar fue la pionera en este ámbito de apps de transporte colaborativo, fue lanzada en septiembre de 2012, pero apenas once meses después, en España se lanzó una app muy similar, Amovens. Por tanto, este tipo de apps está siendo utilizada ya desde hace 9 años en España.

Donde sí se manifiesta una gran diferencia entre ambas apps, es en el número de descargas, mientras que Blablacar tiene un nivel de más de 50.000.000 descargas, Amovens

Tabla I
DATOS COMPARATIVOS

	Amovens	Blablacar
Ámbito	Nacional	Internacional
Lanzamiento	ago-13	sep-12
Descargas	500.000+	50.000.000+
Valoración	4,1	4,1
Comisión	13,5% (conductor)	20% (pasajero)
Reseñas	989	612
Soporte	46,49%	0,89%
Interés	0,63	1,87

apena consigue un nivel de descargas de más de 500.000 descargas. Esta gran diferencia se debe principalmente a su ámbito de uso. Se entiende que las descargas sean mayores en Blablacar al usarse globalmente, mientras que Amovens solo se usa en España.

Sin embargo, no existe diferencia en su valoración. Ambas apps han sido valoradas con un notable 4,1 (sobre 5 como máximo). Los usuarios independientemente de la app están satisfechos con sus funcionalidades y condiciones. A pesar de que las condiciones de comisión de ambas apps son muy distintas entre sí. Ya no solo con el peso que tienen las comisiones, un 20% del precio del viaje va destinado a Blablacar mientras que Amovens obtiene un 13,5% del precio del viaje, si no que la gran diferencia es quien hace frente a esa comisión. En Blablacar la comisión recae en el pasajero, mientras que Amovens recae en el conductor. Por ello, según el usuario sea conductor o pasajero va a preferir utilizar Blablacar o Amovens.

Como Google Play no facilita la información del número de descargas en cada país, no se puede comparar realmente que app se usa más. Sin embargo, si se puede tener una noción teniendo en cuenta el número de reseñas que recibe

cada app, ya que en el caso de Blablacar solo nos aparece las reseñas españolas. Por tanto, aplicando la técnica de web scraping, se obtiene que desde enero de 2020 ha habido 989 reseñas españolas en Blablacar y 612 en Amovens. Así se obtiene que Blablacar es la app de transporte colaborativo preferida por los españoles. Una de las posibles razones es las condiciones de comisión, ya que al ser los conductores quienes publican los anuncios, son ellos quien deciden donde publicar sus viajes, si en una de las apps o en ambas. Preferiblemente escogen Blablacar ya que no les recae a ellos si no a los pasajeros el pago de la comisión, Por ello, puede que se use más Blablacar, ya que en esta app habrá más viajes disponibles al escoger los conductores esta app como opción de publicar sus viajes.

También existe una gran diferencia en el soporte que dan los propios desarrolladores de las apps. Mientras que los desarrolladores de Amovens contestan el 46,49% de las reseñas, en Blablacar no llegan ni al 1% de reseñas respondidas. Queda patente del esfuerzo que hacen los desarrolladores de Amovens para dar un buen servicio de atención al cliente para diferenciarse con su gigante competidor internacional.

En cuanto al interés que los propios usuarios manifiestan sobre las reseñas proporcionadas por el resto de usuarios, obtenemos que las reseñas de Blablacar genera más interés que las reseñas de Amovens. En Blablacar cada reseña recibe 1.87 me gusta, mientras que en Amovens cada reseña recibe 0,63.

En referencia al análisis de contenido, las reseñas de las apps se ilustran en las figuras 1 y 2, donde se expresa, la percepción de los usuarios. En ambas se indican que las apps funcionan correctamente, pero también destacan ambas el tema monetario, un tema sin duda importante en cualquier aspecto.

Es destacable como en la figura 1 en la que se estudian las reseñas de Amovens, algunas reseñas hacen mención a Blablacar. Esto nos muestra que Amovens parece no ser competencia directa de Blablacar, pero si al revés. En la figura 2, se destaca el componente humano de esta app, ya que en Blablacar al tratarse de una app colaborativa, se interacciona con muchas personas.

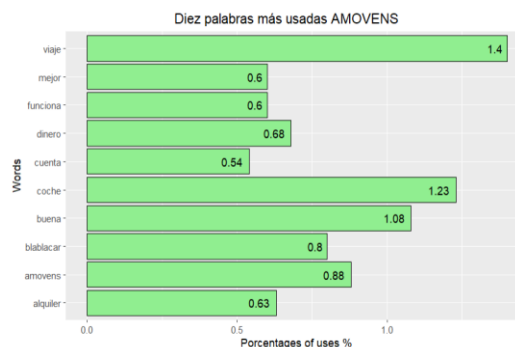


Fig. 1. Frecuencia de palabras en las revisiones de Amovens

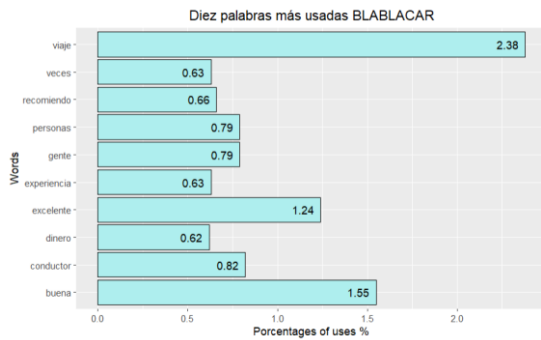


Fig. 2. Frecuencia de palabras en las revisiones de Blablacar

IV. CONCLUSIONES

Hoy día las apps de transporte colaborativo son bastante populares entre la ciudadanía. De hecho, están siendo utilizadas desde hace ya 9 años. Al estudiar y comparar las dos principales apps utilizadas en España, vemos como las descargas son bastante más superiores en Blablacar que en Amovens ya que ésta primera es de ámbito internacional.

En cuanto a la valoración que los usuarios le han otorgado a cada app, vemos que es similar en ambas (4,1 de 5) a pesar de tener funcionalidades y comisiones diferentes.

En referencia a las preferencias de los usuarios españoles, Blablacar es la que ha recibido mayor número de reseñas. Esto puede estar ligado a la alta comisión que Amovens cobra al conductor. Quizás cabría valorar si debería modificarse la forma de repercutir dicha comisión.

Es destacable también el poco soporte de Blablacar frente Amovens. Parece que los desarrolladores no están implicados en contestar las inquietudes expresadas en las revisiones en el caso de Blablacar.

Respecto al interés que los propios usuarios manifiestan dando me gustan a las reseñas que dan otros usuarios, se obtiene que las reseñas de Blablacar genera más interés que las de Amovens.

El análisis textual de las revisiones de las apps expresa que Amovens no es competencia directa de Blablacar, pero si al revés. Además, en ambos casos, se destaca el buen funcionamiento y el tema monetario.

V. LIMITACIONES E IMPLICACIONES

Este estudio se trata de un trabajo en curso. Por ello, sería conveniente seguir realizando este análisis ampliando tanto la muestra de aplicaciones de transporte colaborativo como el período espacial.

Otra limitación destacable es el número de apps elegidas para la realización de la presente investigación. Una ampliación de las apps de transporte podría permitir obtener más hallazgos relevantes.

Por último, se destaca que este estudio no tiene en cuenta el efecto que la pandemia ha tenido en el transporte colaborativo ya que ha sido llevado a cabo desde enero 2020 y la pandemia comenzó se decretó en España en marzo 2020. Por lo tanto, sería interesante ampliar el horizonte temporal y realizar una comparación entre el periodo anterior al covid-19 y posterior.

REFERENCIAS

- [1] De Kerckhove, D. (1997). *Connected intelligence: the arrival of the Web society*. Toronto: Somerville House
- [2] Feinerer, I., Hornik, K., & Meyer, D. (2017). Text Mining Infrastructure in R. *Journal of Statistical Software*, 25(5), 1–54. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=tm>
- [3] Möller, A., Diewald, S., Roalter, L., Michahelles, F., Zurich, E., & Kranz, M. (2012). Update Behavior in App Markets and Security Implications: A Case Study in Google Play. *Research in the LARGE: Proceedings of the 3rd International Workshop. Held in Conjunction with Mobile HCI*, 3–6. Benjamin Poppinga. Retrieved from <http://www.backes-srt.de/produkte/srt-appguard>
- [4] R Core Team. (2018). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria. Retrieved from <https://www.r-project.org/>
- [5] Shaheen, S., Stocker, A., & Mundler, M. (2017). Online and app-based carpooling in France: Analyzing users and practices—A study of BlaBlaCar. In *Disrupting mobility* (pp. 181-196). Springer, Cham.

Ányos Jedlik

Inventor del Primer Modelo de Vehículo Eléctrico del Mundo

T.J. Mateo Sanguino, J.M. Lozano Domínguez, M.J. Redondo González, E. Cortés Ancos

Universidad de Huelva, Av. de las Artes, S/N, 21007 Huelva (España)

tomas.mateo@diesia.uhu.es, jose.lozano@diesia.uhu.es, redondo@diesia.uhu.es, estefania.cortes@diesia.uhu.es

Resumen- Es indudable la importancia que el vehículo de tracción eléctrica tiene en el cambio hacia un modelo más sostenible de transporte. Sin embargo, tanto el inventor de la tecnología de propulsión eléctrica como el origen del concepto de vehículo eléctrico es difuso y a veces cuestionado. En este trabajo se detalla la vida y obras del inventor de esta tecnología, Ányos István Jedlik, en las postrimerías del siglo XIX.

Palabras Clave- Biografía, Vehículo Eléctrico, Dinamo

I. INTRODUCCIÓN

Aunque el primer vehículo eléctrico considerado viable fue el de Thomas Parker (1843-1915†) en el año 1895, este se basó en trabajos previos y, sobre todo, en el del Dr. Ányos István Jedlik (1800-1895†). Jedlik fue inventor, ingeniero, físico y sacerdote benedictino nacido en Szimő (Hungría), en la actual Eslovaquia. Impartió conferencias en escuelas católicas durante 40 años en el departamento de física-mecánica de la Universidad de Ciencias de Budapest hasta 1839. Se convirtió en decano de la Facultad de Artes en 1848 y rector de la universidad en 1863. Desde 1858 fue miembro de la Academia de Ciencias de Hungría y desde 1873 fue miembro honorario.

II. TRABAJO CIENTÍFICO

En 1827, Jedlik comenzó a experimentar con dispositivos giratorios llamados auto rotores, cuyos diseños con estátor y rotor electromagnéticos reemplazaron los imanes permanentes utilizados en la industria. En 1856 dio a conocer un prototipo de generador de corriente continua rectificado con un interruptor giratorio. Denominado dinamo, este prototipo fue contemporáneo a las invenciones de Michael Faraday (1791-1867†) y Ernst Werner Siemens (1816-1892†). En 1863, Jedlik descubrió la posibilidad de multiplicar la tensión, demostrando su utilidad en 1868 al construir un generador de corriente y tensión basado en un esquema de condensadores conectados en cascada [1].

El generador de sobretensión mediante conexión en cascada fue premiado en la Exposición Mundial de Viena en 1873 [2]. Este generador se basaba en un conjunto de ruedas de hierro dulce con un total de cuatro radios, cada uno de estos radios estaban rodeados por un bobinado de hilos de cobre. Las bobinas estaban conectadas en serie y su dirección de bobinado era tal que producía polaridades opuestas en los perímetros de cada una de las ruedas. El campo magnético producido pasaba de una rueda a otra a través del eje fabricado de un tubo de hierro [3].



Fig. 1. Dr. Ányos István Jedlik

A. Principio de funcionamiento del auto rotor

Conceptualmente, dos electroimanes opuestos inducen el campo magnético alrededor del rotor. Cuando un lado de la bobina pasa frente al polo norte del imán, cruzando la línea de fuerza, se induce una corriente. Conforme la bobina gira, la corriente disminuye. A medida que llega al polo sur, se eleva nuevamente fluyendo corriente en dirección opuesta. La bobina está conectada a un conmutador, de forma que la corriente siempre fluye por el circuito externo en la misma dirección (<https://www.youtube.com/watch?v=QFz70sdPf-8>). Un modelo funcional de su aparato se exhibe en el Museo de Artes Aplicadas de Budapest [4]. Este dispone de todas las partes de un motor DC (estator, rotor y conmutador).

B. Modelo de Vehículo Eléctrico

El primer modelo de coche eléctrico fue construido en 1828 basado en su dispositivo giratorio electromagnético. En la práctica, la bobina de alambre —con una corriente que la atraviesa— genera una fuerza magnética cuando se acopla con los imanes del motor. Esto puede hacer girar el imán hasta 100 r.p.m. con una tensión de 9V, lo que se transmite a las ruedas traseras del vehículo mediante un sistema de engranajes situado bajo él [5].

Cuenta la leyenda que Jedlik no tenía idea de qué hacer con su invento y así lo usó para propulsar un modelo de locomotora por diversión. Si tenemos un motor eléctrico —una dinamo para crear corriente eléctrica— y añadimos baterías, entonces tenemos lo básico para impulsar un vehículo eléctrico. Aunque este podría ser el primer motor eléctrico, hay que tener en cuenta que este dispositivo no influyó en el desarrollo posterior de las máquinas eléctricas. El invento de Jedlik permaneció oculto durante mucho tiempo y el inventor no lo continuó.

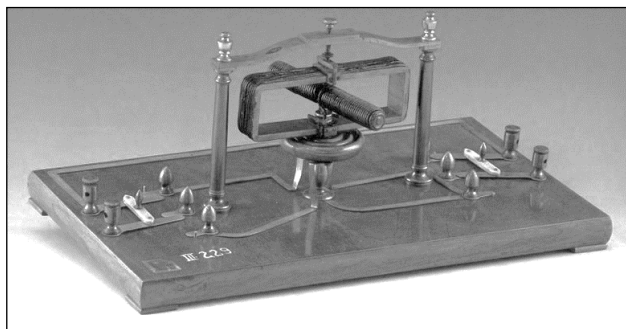


Fig. 2. Auto-rotor magnético relámpago

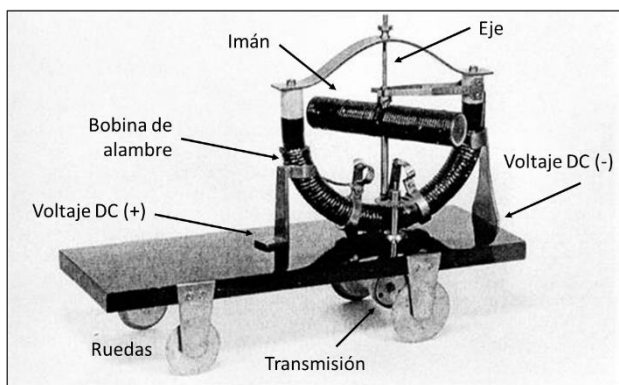


Fig. 3. Modelo de vehículo eléctrico

Posteriormente, se desarrollaron muchos modelos eléctricos pero, al no ser recargables las baterías, fueron poco prácticos. En el año 1852, Gaston Planté (1834-1889†) inventó la batería recargable de plomo y ácido, no siendo posible inicialmente su fabricación industrial. En el año 1880, Camille Alphonse Faure (1840-1898†) inventó un procedimiento electroquímico llamado masa activa que aumentaba la capacidad de recarga de la batería de Planté, propiciando la fabricación a nivel industrial de la batería de plomo y ácido. A partir de esta fecha, se le dio al invento de Jedlik la importancia que realmente tenía. En el año 1881 Gustave Trouvé (1839-1902†) presentó en la Exposición Internacional de Electricidad de París el primer vehículo eléctrico a escala utilizable: un triciclo accionado por un motor eléctrico.

III. CONCLUSIONES

Ányos István Jedlik fue un científico prolífico, adelantado a su tiempo, que no tuvo la oportunidad de ver la importancia de sus hallazgos. Para homenajear su memoria, la República Húngara acuñó en 2011 monedas conmemorativas cuyo anverso y reverso muestran a Jedlik y su invento más celebre [6]. Jedlik realizó grandes descubrimientos científicos, pero nunca obtuvo el reconocimiento merecido y/o repercusión histórica adecuada por parte de la comunidad científica

internacional como a otros grandes descubridores del siglo XIX. Esto es debido a que, Jedlik siempre trabajó solo en su propio camino y nunca publicó ni publicitó sus hallazgos como expresó el profesor Loránd Eötvös (1848-1919†) en el obituario de Jedlik [3].



Fig. 4. Moneda conmemorativa

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología-Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Consejería de la Presidencia, Administración Pública e Interior de la Junta de Andalucía, Universidad de Huelva, Cátedra de Innovación Social de Aguas de Huelva, Cátedra de la Provincia, Escuela Técnica Superior de Ingeniería y grupo de investigación TEP-192 de Control y Robótica.

REFERENCIAS

- [1] Di Nicolao, A., “Ányos Jedlik”. Wikipedia. Disponible en https://en.wikipedia.org/wiki/%C3%81nyos_Jedlik [última edición, 23 de julio de 2021]
- [2] A. Jedlik., “A csöves villamszedők láncolatáról”, [sn], 1879. Disponible en http://real-eod.mtak.hu/9365/1/Tmtan_Qu_195.pdf
- [3] Halacsy, A.A., “Anyos Jedlik, an inventor of the dynamo-electric principle”. *Electronics & Power*, vol. 17, n. 9, pp. 232-335, 1971.
- [4] M. Doppelbauer., “The invention of the electric motor 1800-1854. A short history of electric motors - Part 1”. Karlsruhe Institute of Technology [último acceso, 23 de diciembre de 2021]
- [5] S. Awasthi, Z. Ur Rehman, Z. Zafar, R. Arya. *Design and Fabrication of Motorised vehicle*. Researchgate, 2011. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Shubham-Awasthi-4/publication/328909962_Design_and_Fabrication_of_Motorised_vehicle/links/5beac291a6fdcc3a8dd21c46/Design-and-Fabrication-of-Motorised-vehicle.pdf [último acceso, 23 de diciembre de 2021]
- [6] 1,000 Forint (Anyos Jedlik - Dynamo-principle). Disponible en https://colnect.com/en/coins/coin/24075-1000_Forint_Anyos_Jedlik_-_Dynamo-principle-2002~Today_-_Republic_Inventions_and_technical_innovations-Hungary [último acceso, 23 de diciembre de 2021]

O Kahoot! Saiu da Sala de Aula

Carla Santos^{1,3}, Cristina Dias^{2,3}

¹Departamento de Matemática e Ciências Físicas - Instituto Politécnico de Beja, Campus IPBeja, Portugal

²Escola Superior de Tecnologia e Gestão - Instituto Politécnico de Portalegre, Campus Politécnico, Portugal

³Centro de Matemática e Aplicações – FCT- Universidade Nova de Lisboa, Portugal

carla.santos@ipbeja.pt, cpsd@ippportalegre.pt

Resumo- Entre as muitas consequências provocadas pela pandemia por COVID-19, teve particular impacto o encerramento dos estabelecimentos de ensino, um pouco por todo o mundo, e a necessidade e urgência de adaptação de professores e estudantes a actividades lectivas desenvolvidas à distância. Fazer face à nova realidade, exigiu o ajustamento do processo de ensino-aprendizagem e a reflexão sobre as estratégias e ferramentas de ensino.

Novos perfis de estudante, da geração dos nativos digitais, têm impulsionado crescente integração das novas tecnologias no ensino e a introdução de novos modelos de ensino centrados no estudante, assentes em estratégias não tradicionais como a gamificação. De entre as diversas plataformas e aplicações disponíveis para actividades de aprendizagem baseadas em jogos, surge em destaque o Kahoot!. Quando usado para actividades de avaliação formativa, o Kahoot! permite tirar partido dos benefícios da gamificação, conciliando-os com as vantagens do monitoramento das aprendizagens dos alunos durante o processo de ensino-aprendizagem e possibilidade de rápido feedback. O mote para este trabalho foi a nossa experiência com uma actividade de avaliação formativa, na forma de um *quiz* do Kahoot!, realizada por alunos do ensino superior português, numa aula realizada via Zoom, durante o confinamento motivado pela epidemia por COVID-19. Tendo em consideração que esta actividade consistiu numa replicação, em ensino a distância, de uma actividade que, noutras ocasiões, tem sido realizada presencialmente, procurámos encontrar pontos comuns entre o que observámos e os relatos de outros autores, que nos permitissem reflectir sobre a adequação do uso de *quizzes* do Kahoot! em ensino a distância, e sobre as semelhanças e diferenças dos resultados obtidos em actividades presenciais e em ensino a distância.

Palavras-chave- Avaliação formativa, COVID-19, Educação a distancia, Gamificação

I. INTRODUÇÃO

A pandemia por COVID-19 que, no despertar do ano de 2020, se abateu sobre o Mundo e forçou o encerramento dos estabelecimentos de ensino, transfigurou o quotidiano de estudantes e professores, tornando improtelável a implementação de actividades desenvolvidas à distância. A nossa prática profissional, como docentes de instituições do ensino superior politécnico, não fugiu à regra.

Para nós, como para os estudantes, toda a envolvência do ensino a distância era uma incógnita, pelo que as estratégias, apesar de pensadas, repensadas, e amparadas pelas evidências de estudos descritos na literatura, se revestiam de roupagem de novidade e estreia.

Focados na necessidade de desenvolver tarefas que contribuíssem para uma aprendizagem significativa, tentando ultrapassar o obstáculo da distância física, e aligeirar a carga negativa da situação de incerteza por que todos estávamos a passar, apostámos em actividades diversificadas que

pudessem proporcionar momentos prazerosos de aprendizagem.

Pretendendo-se dar continuidade ao modelo de ensino que implementamos nas aulas presenciais, muitas das estratégias concretizadas no ensino a distância foram resgatadas do leque de experiências bem-sucedidas noutras ocasiões.

Uma dessas estratégias, adoptada por nós em unidades curriculares diversas, e visando distintos objectivos, consiste na gamificação, através do Kahoot!

Ainda que não seja nosso objectivo descrever pormenorizadamente uma prática pedagógica em particular, o pretexto para a reflexão envolvida neste trabalho foi uma actividade de avaliação formativa, na forma de um *quiz* do Kahoot!, realizada por alunos do ensino superior português, numa aula realizada via Zoom, durante o confinamento motivado pela epidemia por COVID-19. Assim, as considerações aqui apresentadas abrangem aspectos genéricos relacionados com as características das actividades de gamificação, assentes em *quizzes* do Kahoot!, e a sua adequação ao ensino a distância.

II. O MODELO PEDAGÓGICO A DISTÂNCIA

A transferência do protagonismo do processo de ensino-aprendizagem do professor para o aluno, isto é, a adopção de modelos pedagógicos centrados no aluno tem ganho considerável expressão no ensino presencial. Esta mudança tem tido repercussões em várias vertentes do processo de ensino-aprendizagem, como a diversificação da tipologia de tarefas propostas aos alunos ou a aposta na integração das tecnologias da informação e comunicação como ferramentas de apoio à prática docente ou como suporte para a realização das tarefas realizadas pelos próprios alunos (p.e. Castro 2014). Estando, hoje em dia, tão fortemente posta em causa a validade dos modelos de ensino (presencial) tradicional, em que o professor assume um papel central e activo e os alunos são remetidos à passividade, não se pode almejar o sucesso de um ensino a distância que assente na replicação deste tipo de modelo, ou seja, que se fundamente na “transferência das técnicas, estratégias e métodos do ensino presencial para o ensino *online*, recorrendo às novas tecnologias da informação e comunicação” (Morgado, 2001).

Tendo no seu âmago as tecnologias da informação e comunicação, que sustentam a mediação do processo de ensino assegurando a interação e comunicação entre os intervenientes, a educação a distância possui particularidades e limitações que impõem exigências a estudantes e professores. Considerando que a falta de presença física pode impor ao estudante um sentimento de isolamento, influenciando negativamente a sua motivação, prejudicando os resultados da aprendizagem (Liu, Bridgeman e Adler,

2012), o ensino a distância só tem a lucrar com a adopção de estratégias que estimulem a interação e a motivação, ao mesmo tempo que promovem a aprendizagem.

III. A GAMIFICAÇÃO PARA AVALIAÇÃO FORMATIVA

Nos modelos pedagógicos centrados no aluno, onde o principal papel do professor é o de mediação e favorecimento da aprendizagem, as actividades de avaliação formativa têm um importante contributo de regulação das aprendizagens, ao permitirem a professores e alunos, durante o processo de ensino-aprendizagem, a obtenção de informações acerca das dificuldades, lacunas e erros dos alunos e acerca da necessidade de ajustamento dos métodos e estratégias de ensino e estudo (Santos e Dias, 2020). O carácter promotor de aprendizagens da avaliação formativa assenta na informação proporcionada pelas respostas dos alunos, nas dificuldades experimentadas pelos alunos, e no *feedback* que decorrente da análise que o professor faz dessas respostas (Black e Wiliam, 1998; Sadler, 1998).

Sendo a gamificação uma potencial estratégia para atenuar a apreensão e tensão que os alunos experienciam e revelam sempre que uma actividade é apelidada de avaliativa (Wang, 2015), mesmo que a avaliação em questão seja do tipo formativo, o recurso ao Kahoot!, para a gamificação das actividades de avaliação formativa, no ensino presencial, tem, de acordo com a nossa experiência, um forte potencial para aliviar o ambiente que se instala na sala de aula quando são propostas essas actividades de avaliação, e tem suscitado nos estudantes uma reacção positiva no sentido da identificação das suas lacunas e dificuldades.

Na literatura, os relatos do uso do Kahoot! no ensino abrangem um vasto leque de áreas do saber, nos mais diversos graus de ensino. Como referido por Ismail e Mohamad (2017), o Kahoot! pode ser utilizado simplesmente para uma pausa nas actividades tradicionais de sala de aula, mas também para avaliação formativa. As vantagens associadas ao uso do Kahoot!, que são apresentadas na literatura, são variadas e, na sua grande maioria, transversais à grande maioria das experiências independentemente das características dos alunos e conteúdos programáticos em questão. De acordo com Wang (2015) e Moura (2009), essas vantagens passam pelo aumento da motivação e interesse dos alunos, pelo estímulo do raciocínio e a promoção do trabalho colaborativo, para além de outras.

IV. A GAMIFICAÇÃO DURANTE O CONFINAMENTO

Segundo Moura (2009), o contributo positivo de actividades pedagógicas sustentadas na tecnologia assenta, entre outros factores, na sua potencialidade de promoção da autonomia dos alunos, de fomento da aprendizagem e de fortalecimento das relações sociais.

Assumindo que independentemente da idade e outras características particulares, o jogo é benéfico para a saúde física, social e cognitiva, e para promoção de uma aprendizagem significativa (Almeida, 1981), e que a associação da gamificação às novas tecnologias contribui para o reforço dos aspectos sociais da aprendizagem (p.e. Mayordomo, 2015), consideramos que actividades lúdicas de aprendizagem, com recurso às tecnologias da informação e comunicação, poderiam ter um contributo positivo para fazer face ao incremento dos níveis de stresse e ansiedade,

experienciados por muitos durante o confinamento decorrente da pandemia por COVID-19.

A situação inusitada de ensino a distância, decorrente do fecho dos estabelecimentos de ensino, em Março de 2020, em circunstâncias em que a falta de proximidade física tomara significado nunca antes experienciado, impulsionou a adopção de actividades de ensino com recurso ao Kahoot! um pouco por todo o mundo.

Desde o seu lançamento, em Setembro de 2013, o Kahoot! foi conquistando um lugar de destaque entre as plataformas de aprendizagem assentes na gamificação, registando-se em 2019 mais de 250 milhões de utilizadores de 200 países (Vick, 2019). Acompanhando essa tendência, e comprovando o interesse sobre o Kahoot!, a literatura vem apresentando crescente volume de relatos da utilização do Kahoot!, em análises de diferentes perspectivas, focando, entre outros aspectos, a sua relação com os resultados de aprendizagem (p.e. Fotaris, et al., 2016) ou o julgamento de estudantes e professores sobre a validade e adequação do uso do Kahoot! (p.e. Wang, 2015, Licorish et al., 2018, Bicen e Kocakoyun, 2018).

Até meados de 2020, os relatos relacionados com o uso do Kahoot! em ensino à distância eram escassos. A partir de então, quando outros como nós tiveram que reinventar as suas actividades lectivas e adequá-las ao ensino a distância, avultou-se o uso do Kahoot! em ambientes virtuais, o que se reflectiu num aumento muito expressivo do número de estudos focados nesse enquadramento.

Numa breve revisão de literatura relacionada com o uso do Kahoot! em cursos do ensino superior, em actividades de ensino a distância durante o confinamento, podemos destacar diferentes motivações para o uso desta plataforma.

A aposta em actividades realizadas com o Kahoot! para a melhoria da motivação dos alunos é relatado em estudos no âmbito de áreas disciplinares tão distintas como a engenharia, a medicina ou as letras (Patil; Kumbhar, 2021, Donkin; Rasmussen, 2021, Mira et al., 2020). A tentativa de evitar o stress e perda de interesse dos alunos é focada, entre outros, por Martin-Sómer et al. (2021) numa experiência com alunos de engenharia.

Em termos de consequências do Kahoot! em ensino a distância, durante o confinamento, no estudo de Martin-Sómer et al. (2021) é admitida uma repercussão positiva deste tipo de actividade nos resultados das avaliações sumativas. Toma et al. (2021) referem um efeito positivo significativo das actividades com Kahoot! no processo educativo durante a pandemia.

Os benefícios aqui destacados, e também outros benefícios, que foram identificados em experiências com o Kahoot! em ensino a distância, estão em consonância com os descritos em inúmeros outros estudos que abordaram actividades com Kahoot! realizadas presencialmente. Contudo, não nos foi possível encontrar investigações que discutam de forma consistente os resultados de uma mesma actividade com Kahoot! realizada presencialmente e replicada à distância. Considerando que na actividade por nós realizada (Santos; Dias, 2020), os resultados obtidos em ensino a distância são em tudo semelhantes aos obtidos nas ocasiões em que foi realizada presencialmente, com excepção de uma suspeita de redução da competitividade no cenário à distância, seria interessante ter a possibilidade de analisar, de forma mais fundamentada, as semelhanças e diferenças identificadas

nessa nossa experiência, confrontando os nossos resultados com os de outros estudos semelhantes.

V. CONCLUSÕES

O uso da plataforma para actividades de aprendizagem baseadas em jogos Kahoot! registou um assinalável crescimento nas actividades lectivas realizadas a distância, durante o confinamento decorrente da pandemia por COVID-19. Os diversos relatos do uso do Kahoot! nesse cenário, disponíveis na literatura, destacam consequências positivas no processo de ensino, que verificamos estar em consonância com as vantagens identificadas em actividades com Kahoot! realizadas em sala de aula, atestando a validade do uso do Kahoot! em ensino a distância.

REFERÊNCIAS

- [1] Almeida, P. “Dinâmica Lúdica: Técnicas e jogos pedagógicos”. 3a Ed. São Paulo: Loyola, 1981.
- [2] Black, P. e Wiliam, D. “Assessment and classroom learning”, *Assessment in Education*, vol. 5, n.1, pp. 7–74, 1998.
- [3] Castro, C. “A utilização de recursos educativos digitais no processo de ensinar e aprender: práticas dos professores e perspetivas dos especialistas”. (Tese de doutoramento, Universidade Católica Portuguesa), 2014.
- [4] Donkin, R., Rasmussen, R. “Student Perception and the Effectiveness of Kahoot!: A Scoping Review in Histology, Anatomy, and Medical Education”. *Anatomical Sciences Education*, 2021.
- [5] Fotaris, P., Mastoras, T., Leinfellner, R., & Rosunally, Y. “Climbing up the leaderboard: An empirical study of applying gamification techniques to a computer programming class. *Electronic Journal of E-Learning*, 14(2), pp. 94-110, 2016.
- [6] Ismail, M., Mohammad, J. “Kahoot: A promising tool for formative assessment in medical education”. *Education in Medicine Journal*, vol. 9, n.2, pp.19-26, 2017.
- [7] Licorish A. S., Owen, H. E., Daniel, B. & George, J. L. “Students’ perception of Kahoot’s influence on teaching and learning. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 13(9), pp.1-23, 2018.
- [8] Liu, O. L., Bridgeman, B., Adler, R. M. “Measuring learning outcomes in higher education: Motivation matters”. *Educational Researcher*, 41(9), pp. 352-362, 2012.
- [9] Martín-Sómer, M., Moreira, J., Casado, C. “Use of Kahoot! to keep students’ motivation during online classes in the lockdown period caused by Covid 19”. *Education for Chemical Engineers*. p. 154-158, 2021.
- [10] Mayordomo Mas, J. “Aportaciones de la neuroeducación a la enseñanza y aprendizaje de la tecnología”. *Treball de fi de màster*. Universitat Politècnica de Catalunya, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/41827216.pdf>.
- [11] Mira, M., Syihabudin, S., Nurbayan, Y. “Evaluation of Arabic Learning Using The Kahoot Application In The Pandemic Era Of Covid-19” *Ta’lim Al’Arabiyyah: Jurnal Pendidikan Bahasa Arab & Kebahasaaraban*, 4(2), pp. 153-164. 2020.
- [12] Morgado, L. “O papel do professor em contextos de ensino online: Problemas e virtualidades”. *Discursos, III Série, nº especial*, pp.125-138, Univ. Aberta, 2001. Disponível em: <http://repositorio.ucp.pt/handle/10400.14/15830>
- [13] Moura, A. Geração móvel: um ambiente de aprendizagem suportado por tecnologias móveis para a “Geração Polegar”. Portugal: Universidade do Minho, Centro de Competência, 2009. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/10056/1/Moura%20%282009%29%20Challenges.pdf>.
- [14] Patil, Y. M., Kumbhar, P. D. “Learning by gamification: An effective active learning tool in engineering education”. *Journal of Engineering Education Transformations*, 34(Special Issue), 2021.
- [15] Rowland, T. “Researching teachers’ mathematics disciplinary knowledge. In *International handbook of mathematics teacher education*, eds. P. Sullivan and T. Wood, 1, pp. 273–298. Rotterdam: Sense. 2008.
- [16] Sadler, D. R. “Formative assessment: revisiting the territory”, *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, vol 5, n.11, pp. 77-84, 1998.
- [17] Santos, C., Dias, C. “Kahoot! Em ensino a distância: uma experiência em tempos de pandemia por covid-19. *Interacções*. Vol. 16 n.º 55, pp. 123-139, 2020.
- [18] Toma, F.; Diaconu, D.C.; Popescu, C.M. “The Use of the Kahoot! Learning Platform as a Type of Formative Assessment in the Context of

- Pre-University Education during the COVID-19 Pandemic Period.” *Educ. Sci.* 11, 649, 2021.
- [19] Vick, I. “Training Professionals from Three Countries Share Their Kahoot! In-Game Experience”. Disponível em: <https://kahoot.com/blog/2019/09/10/top-training-tips-kahoot-around-world/>
- [20] Wang, A. “The wear out effect of a game-based student response system”. *Computers in Education.*, vol. 82, pp. 217–227, 2015.

O Potencial do Ensino a Distância em prol da Educação em Cidades Inteligentes

Cristina Dias, Carla Santos
 Instituto Politécnico de Portalegre
 Campus Politécnico, 10, 7300-555, Portalegre, Portugal
 Departamento de Matemática e Ciências Físicas
 Instituto Politécnico de Beja
 Rua Pedro Soares – Campus IPBeja - 7800-111 Beja
 cpsd@ippportalegre.pt; carla.santos@ipbeja.pt

Resumo- As cidades inteligentes vivem de mãos dadas com a tecnologia, e detêm a capacidade de conjugar vários aspetos inovadores e fundamentais como a, sustentabilidade, autonomia administrativa, comunicações e recursos educacionais. Segundo a UNESCO, a educação é um direito humano fundamental e, o seu acesso universal com igual qualidade, deve ser concedido aos cidadãos de todas as nações. Como essa meta ainda não foi alcançada na maioria dos países, é extremamente importante encontrar maneiras mais eficazes de melhorar o acesso à educação. As novas tecnologias e o ensino a distância, têm vindo a desempenhar um papel fundamental na melhoria e facilidade de acesso a uma educação cada vez mais inclusiva, de e para todos, independentemente do ponto do globo onde nos encontremos. Assim, neste trabalho, através de uma revisão sistemática da literatura, analisa-se o uso das tecnologias no ensino a distância no ensino básico, secundário e superior, na área de matemática, durante a pandemia por COVID-19. Interessou-nos, também, perceber se os docentes, tiraram partido destas ferramentas, para desenvolverem ambientes de aprendizagem inovadores, que favoreçam a interação entre o docente e o aluno. A pesquisa é de natureza qualitativa de carácter descritivo e exploratório, utilizando como procedimentos técnicos uma revisão completiva da literatura sobre a temática abordada. A pesquisa foi realizada por meio de artigos indexados nas bases de dados eletrônicos na Science Direct, Google Scholar, B-on e JSTOR, publicados em português e inglês, de janeiro de 2018 a maio de 2021, considerando as seguintes palavras chave: Ensino a distância, Matemática, Tecnologias, Educação, Pandemia COVID-19. Utilizou-se como critério de inclusão a coerência com o tema, e de exclusão a repetição de artigos ou não adequação do tema. A amostra inicial foi de 77 artigos (n= 77), que após aplicados os critérios anteriormente descritos, ficou reduzida a 14 (n=14). Depois de efetuada a análise dos artigos, foi possível concluir que a utilização e inclusão das tecnologias digitais no ensino a distância, facilitaram e possibilitaram a qualidade do ensino, contribuindo ainda, para melhorar a formação dos docentes que de forma inesperada foram “forçados” a utilizar as novas tecnologias no processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave- Ensino a distância, Tecnologias, Educação, Ensino da Matemática, Pandemia COVID-19

I. INTRODUCCIÓN

O que impulsiona uma cidade a tornar-se numa cidade inteligente? A implementação de tecnologias emergentes? A economia? O meio ambiente? O urbanismo? A mobilidade? A segurança? A tecnologia? A inovação e empreendedorismo? Tudo isto, mas não só! No centro de tudo, deve estar a educação, cuja função será a de incorporar os processos de mudança da sociedade por forma a que as mudanças possam acontecer na prática. A Educação e a

investigação são a chave do futuro para as cidades inteligentes! O investimento em educação é fundamental, assim como, as mudanças de comportamentos e a integração social. Estas mudanças necessitam ser implementadas diariamente, por forma a construir um ciclo de transformação sustentável. Este é um processo contínuo, onde as mudanças, quer a nível social, escolar, ambiental e tecnológico, devem chegar a todos por forma a contribuir para a construção de comunidades inteligentes, seguras, inovadoras e sustentáveis. O grande indutor de uma cidade inteligente é com certeza a sociedade civil organizada, que investe em educação e investigação. A educação é transversal a todas as sociedades evoluídas, que hoje, mais do que nunca, são confrontadas com diversos meios tecnológicos. O termo “tecnologias para a educação”, está associado à transferência de conhecimento. Este conhecimento, permite capacitar os cidadãos para a tomada de decisões mais informadas e sedimentadas, cada vez mais, numa base tecnológica (Brennand, 2012). Pensar cidades mais inteligentes implica pensar em Educação 4.0. com vastas oportunidades de aplicação de novas tecnologias, que quando aplicadas de forma adequada ao ensino, permitem manter ou melhorar a qualidade do mesmo. Um exemplo da aplicação destas tecnologias, muito premente, é o ensino a distância (EAD). O EAD, permite romper com as teorias de aprendizagem tradicionais em forma presencial, podendo constituir um novo suporte para uma educação/aprendizagem feita online e em qualquer lugar. Assim, os ambientes virtuais, potenciam uma educação mais inclusiva, através e com o suporte de plataformas da web 4.0, redes sociais e dispositivos móveis. Este estudo, baseia-se em experiências e expectativas dos professores e alunos, no que concerne á dicotomia do ensino online versus ensino presencial. Procura fornecer uma abordagem empírica sobre as múltiplas plataformas de ensino a distância. Esta perspectiva orienta a nossa investigação, procuramos ainda, perceber se o “ambiente” online, contribui para o desenvolvimento de novas habilidades por parte dos professores, que tradicionalmente recorriam ao ensino presencial.

II. ENSINO A DISTÂNCIA

Segundo Lima (2012) e Tidd (2012) o EAD apresenta algumas vantagens, que devem ser tidas em consideração (i) excelente relação entre custo e eficiência; (ii) proximidade entre os estudantes e professores (online); possibilidade de combinação de vários ambientes virtuais; (iii) maior

facilidade de aprendizagem através de vídeos e simuladores, etc; (iv) os alunos têm a possibilidade de escolher o seu próprio ritmo de aprendizagem individual; (v) maior interação e disponibilidade entre os estudantes, que se prolonga para além da tradicional sala de aula; (vi) formação de grupos mais coesos e cooperativos; (vii) existência de um ambiente menos formal e mais democrático; (viii) a aprendizagem pode ser feita a qualquer hora, em qualquer local; (ix) o estudante está no centro do processo de ensino-aprendizagem, e a organização dos conteúdos é feita de acordo com as suas necessidades.

A rapidez e o alcance, em escala global, aliado ao baixo custo deste tipo de meios de comunicação, cuja capacidade e armazenamento são aparentemente inesgotáveis, permitem um processamento e uso da informação pelos estudantes e população em geral, nunca antes vista. Neste sentido, a educação, pode e deve ser influenciada pelas novas tecnologias, mas sem deixar de ter o papel principal na sociedade do conhecimento (Nonaka; Takeuchi, 2008). Com a proliferação do EAD por meio de cursos online, tanto professores como alunos estão a perceber que, embora o ensino online seja semelhante ao presencial, os dois diferem em muitos aspetos. O ensino online exige novas habilidades e estratégias, para conseguir os mesmos objetivos. O EAD é frequentemente reconhecido como particularmente adequado para alunos adultos e multifacetados, capazes de lidar com as novas tecnologias, em qualquer lugar e a qualquer hora. A investigação nesta área refere que os adultos tendem a ser orientados pelo professor, mesmo quando estes estão em situações e níveis de aprendizagem diferentes (Grow, 1996; Bandura, 1986; Lawler & King, 2000; Singh, M., & Singh, M., 2012). Para Colisson et al., (2000, pp. 208-211). Assim, o professor deve estar preparado para um tipo de ensino mais flexível, capaz de dar resposta às necessidades deste tipo de alunos. No entanto, embora as tecnologias de aprendizagem online ofereçam muito potencial para o envolvimento do aluno, pode ser diferente da aprendizagem presencial (Robinson & Hullinger, 2008). Resultados de pesquisas revelaram a existência de alguma evidência de ansiedade dos alunos relativamente à aprendizagem online quando comparado a um ambiente de aprendizagem mais tradicional, ou presencial, em sala de aula. Segundo Roth et al. (2020), o EAD ministrado estritamente por videoconferência também pode levar a uma menor satisfação com o curso e com as notas académicas, por vezes mais baixas, quando comparadas às obtidas no ensino tradicional presencial. Além disso, a “curva de aprendizagem” para alunos e professores, em relação a uma aprendizagem ativa, e à confiança no computador, apresenta desafios práticos que precisam ser superados na aprendizagem online (Kenny, 2002). No entanto, outros estudos referem que, quando é o mesmo professor a ensinar, quer numa aula presencial quer online, o desempenho do aluno (auferido pelas notas de testes ou exames) pode ser semelhante (Stack, 2015). Alternativamente, outros estudos não encontraram nenhuma diferença significativa entre a aprendizagem online e a aprendizagem em sala de aula (offline), e podem até melhorar a experiência de aprendizagem durante a sua formação académica (Pei & Wu, 2019). Além disso, a implementação do EAD pode inibir a socialização e a comunicação entre alunos quando em comparação com aulas presenciais, isto é, com o ensino tradicional (McKenna, 2018).

III. METODOLOGIA

O presente estudo assenta na revisão integrativa da literatura, sobre a utilização das tecnologias digitais no ensino da matemática durante a pandemia por Covid-19, sendo esta uma abordagem que permite a inclusão de diversas metodologias (i.e. pesquisa experimental e não experimental, Pinto et al., 2016) Trata-se de um estudo de natureza qualitativa, meramente descritivo, considerado o mais apropriado para descrever as complexidades inerentes à aprendizagem online, durante o confinamento por Covid-19. A interpretação do investigador sobre o fenómeno em estudo é valorizada, uma vez que, utiliza técnicas e etapas pré-definidas, capazes de serem reproduzidas (Whittemore e Knafl, 2005; Neto et al., 2021). É feita também a análise de uma variedade de fontes científicas, com o intuito de atingir o objetivo proposto, bem como identificar, fornecer e sugerir métodos bem-sucedidos que podem ser usados posteriormente como plataforma para estudos futuros e/ou tomada de decisões (Paiva, et al., 2016). Neste estudo propomos quatro etapas: identificação do problema, revisão da literatura, seleção, avaliação e análise dos dados.

IV. REVISÃO DA LITERACIA

A revisão de literatura restringiu-se a artigos que abordavam o uso de tecnologias aplicadas especialmente ao EAD da matemática, no ensino básico, secundário e superior, durante a pandemia por COVID – 19. Não foram considerados neste estudo, os artigos com duplicidade de dados; os títulos e/ou resumos que não atendem aos critérios de inclusão foram excluídos, bem como trabalhos que não focavam diretamente o tema em estudo, e estudos não publicados. Assim, foram totalizados 14 artigos para análise nesta investigação. O intervalo de tempo considerado, foi de 1 de janeiro de 2018 a 30 Maio de 2021, não tendo sido considerada nenhuma restrição quanto ao tipo de estudo. A amostra inicial foi de, 77 artigos, no entanto, após aplicados os critérios de seleção, foram selecionados 14 artigos, que constam da Tabela I.

Tabela I
TABELA REVISÃO INTEGRATIVA

Autor/Ano	Autor/Ano
Makar, K., & Fielding-Wells, J. (2018). Shifting more than the goal posts: developing classroom norms of inquiry-based learning in mathematics. <i>Mathematics Education Research Journal</i> , 30(1), 53-63. https://doi.org/10.1007/s13394-017-0215-5	Sullivan, P., Bobis, J., Downton, A., Feng, M., Hughes, S., Livy, S., McCormick, M., & Russo, J. (2020). Threats and opportunities in remote learning of mathematics: implication for the return to the classroom. <i>Mathematics Education Research Journal</i> , 32(3), 551-559. https://doi.org/10.1007/s13394-020-00339-6
Reich, J., Buttimer, C. J., Coleman, D., Colwell, R., Faruqi, F., & Larke, L. R. (2020, July). What's lost, what's left, what's next: Lessons learned from the lived experiences of teachers during the pandemic. https://doi.org/10.35542/osf.io/8exp9	Thomson, S. (2020). What PISA tells us about our preparedness for remote learning. <i>Teacher Magazine</i> . https://www.teachermagazine.com.au/columnists/sue-thomson/what-pisa-tells-us-about-our-preparedness-for-remote-learning
Penelope Kalogeropoulos, Anne Roche, James Russo, Sapna Vats, Toby Russo (2020). Learning Mathematics From Home During COVID-19: Insights From Two Inquiry- Focussed Primary Schools https://doi.org/10.29333/ejmste/10830	Arens, A. K., Frenzel, A. C., & Goetz, T. (2020). Self-concept and self-efficacy in math: Longitudinal interrelations and reciprocal linkages with achievement. <i>The Journal of Experimental Education</i> . https://doi.org/10.1080/00220973.2020.1786347

- Sullivan, P., Bobis, J., Downton, A., Feng, M., Hughes, S., Livy, S., McCormick, M., & Russo, J. (2020). Threats and opportunities in remote learning of mathematics: implication for the return to the classroom. *Mathematics Education Research Journal*, 32(3), 551-559. <https://doi.org/10.1007/s13394-020-00339-6>
- Cassibba, R., Ferrarello, D., Mammana, M. F., Musso, P., Pennisi, M., & Taranto, E. (2020). Teaching mathematics at distance: A challenge for universities. *Education Sciences*, 11(1), 1-20. <http://doi.org/10.3390/educsci11010001>
- Hillmayr, D., Zierwald, L., Reinhold, F., Sarah I. H., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers and Education*, 153(2), 103897. <http://doi.org/10.1016/j.compe.2020.103897>
- Perienen, A. (2020). Frameworks for ICT integration in mathematics education - A teacher's perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(6). <http://doi.org/10.29333/ejmste/7803>
- Amin, R., & Li, K. Should the graduate mathematics courses be offered online? *Electronic Journal of Mathematics and Technology*, 4(1), 1-10.
- Mulengae M., and Marbán M. Prospective Teachers' Online Learning Mathematics Activities in the Age of COVID-19: A Cluster Analysis Approach. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(7): em 1860. <https://doi.org/10.29333/ejmste/8240>
- Horni S., and Mcgugank S. (2020). Adaptive expertise in mathematics teaching during a crisis: How highly committed secondary US mathematics teachers adjusted their instruction in the COVID-19 Pandemic. *Project SIGMa*. Vanderbilt University, Nashville, Tennessee, 2020. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13720.83200>
- Almanthahari A., Maulina S., and Bruges (2020). Secondary School Mathematics Teachers' Views on E-learning Implementation Barriers during the COVID-19 Pandemic: The Case of Indonesia. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2020, 16(7): em 1860. <https://doi.org/10.29333/ejmste/8240>

Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados analisados relativos aos 14 artigos, selecionados sobre a temática, encontram-se no Quadro 1 acima identificado. Ao longo da investigação foi possível selecionar alguns resultados relevantes inseridos nos estudos sobre o uso de tecnologias aplicadas especialmente EAD da matemática, no ensino básico, secundário e superior, durante a pandemia por COVID-19. Analisamos a presença das tecnologias nos diferentes níveis de ensino, relacionando o ensino remoto com a modalidade de ensino presencial. Segundo Lawler e King (2000) os ambientes de aprendizagem devem ser construídos por forma a promoverem a participação ativa e a aprendizagem colaborativa e a utilização de aplicações reais e transferíveis.

Moreira et al., (2020), citado por Neto et al., (2021), apresentaram indicações de metodologias e tecnologias para a educação em tempo de pandemia por COVID-19. Os autores fazem reflexões críticas em relação ao sistema de educação a distância, síncrono ou híbrido, que inviabiliza o processo de aprendizagem de todas as camadas da sociedade além de afetar a interação social entre crianças e adolescentes. Além disso, afirmam que haverá um aumento do índice de analfabetismo, e do abandono escolar nos próximos anos, visto que as ferramentas utilizadas para o ensino híbrido, síncrono ou a distância não são as mesmas para todos os que frequentam o ensino. Segundo Endean (2003) o ensino a distância deve ser baseado na eficácia, ser objetivo, estruturado e ter ritmo próprio. Para isso acontecer a adaptação entre a prática pedagógica e o uso das tecnologias é de grande importância para que se faça a construção do conhecimento. Nesta base a formação dos professores de matemática, para esta nova conjuntura do ensino a distância é

fundamental, só assim, a qualidade do ensino pode ser atingida. Não é suficiente apenas o professor mudar a sua prática educacional ou introduzir ferramentas digitais, para motivar o aluno para um determinado conteúdo, o aluno também precisa pensar sobre o conteúdo, interagir com a ferramenta disponível, utilizando-a como suporte a fim de tirar suas próprias conclusões sobre o assunto abordado (Neto et al., 2021). São várias as contribuições para a avaliação do ensino a distância (Abduirahman et al., 2020; Horni and Mcgugank, 2020; Hillmayr et al., 2020; Kalogeropoulos et al., 2020), durante a pandemia em todo mundo, onde, os resultados sugerem que (1) existe distinção entre EAD relacionado com a pandemia e o ensino dito tradicional, (2) os alunos mostraram diferentes níveis de envolvimento no que diz respeito a plataformas assíncronas e síncronas, (3) as plataformas assíncronas e síncronas estão a enfatizar diferentes tipos de envolvimento dos alunos, (4) emergiram exigências da aprendizagem na mudança para o ensino online, (5) os professores de matemática do ensino secundário na Indonésia, enfrentaram um grande desafio ao utilizarem o *e-learning* como uma ferramenta de ensino durante o encerramento das escolas como resultado da pandemia por COVID-19, (6) o uso de ferramentas digitais, de forma adequada, teve um efeito positivo nos resultados da aprendizagem dos alunos, (7) a oferta de formação aos professores, sobre o uso de ferramentas digitais, contribuiu significativamente para o bom efeito geral na aprendizagem dos alunos, (8) os professores planejaram e implementaram programas de aprendizagem de matemática com os alunos e enfrentaram desafios que passavam por motivar os alunos para a aprendizagem da matemática online (Kalogeropoulos et al., 2020), (9) alguns alunos mostraram ter excelentes competências para a aprendizagem online de matemática em ambientes com tecnologia avançada (Mulengae and Marbán, 2020). Este estudo revela que apesar das inúmeras contribuições deixadas pelos estudos descritos acima é necessária mais investigação, para determinar qual o melhor método para envolver os alunos num ambiente online. Citando Lawler e King (2000), os ambientes de aprendizagem devem ser construídos por forma a promoverem a participação ativa e a aprendizagem colaborativa e a utilização de aplicações reais e transferíveis. Concretamente a aprendizagem da investigação matemática envolve apoiar os alunos a desenvolver abordagens de pensamento de problemas de cariz abstrato e real, seja no ensino presencial ou online. Este tipo de raciocínio permite interligar diferentes caminhos, produzir ciência com diversos objetivos, em propósitos comuns.

REFERENCIAS

- [1] E. G. Brennand (2012), Inovações Tecnológicas e a Expansão do Ensino Superior no Brasil. *Revista Lusófona de Educação*, Lisboa, 21(21), 179-198.
- [2] N. N. Lima (2012), Desafios e Perspetivas da Educação Superior Brasileira para a Próxima Década. Brasília, 37-43.
- [3] J. Tidd, (2012), Gestão da inovação-5. Bookman Editora.
- [4] I. Nonaka, H. Takeuchi (2008), Gestão do conhecimento. Porto Alegre: Bookman.
- [5] G. Grow (1996). Teaching learners to be self-directed: A stage approach. *Adult Education Quarterly*, 41(3), 125-149.
- [6] A. Bandura (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- [7] P. Lawer, P. King (2000) - Planning for effective faculty development: Using adult learning strategies. Malabar, FL: Krieger.

- [8] M. Singh, M., Singh (2012), Unesco guidelines for the recognition, validation and accreditation of the outcomes of non-formal and informal learning. *Unesco Institute for Lifelong Learning*, 11(33), 1631–1636.
- [9] G. Collison, B. Elbaum, S. Haavind, S., & R. Tinker (2000). *Facilitating online learning: Effective strategies for moderators*. Madison, WI: Atwood.
- [10] C. C Robinson & H. Hullinger (2008). New benchmarks in higher education: Student engagement in online learning. *Journal of Education for Business*, 84, 101-109.
- [11] J. J. Roth, M. Pierce & S. Brewer (2020). *Journal of Criminal Justice Education*, 1-15.
- [12] A. Kenny (2002) *Journal of Advanced Nursing* 38(2), 127–135.
- [13] S. Stack (2015). Learning outcomes in an online vs traditional course. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 9, 1-18.
- [14] L. Pei, & H. Wu (2019). Does online learning work better than offline learning in undergraduate medical education? a systemic review and meta-analysis. *Medical Education Online*, 24, 1-14.
- [15] K. McKenna (2018). The online classroom: a thorough depiction of distance learning spaces. *Journal of Continuing Higher Education*, 66, 13-21.
- [16] J. Pinto, J. A. Costa, J. S. Carvalho (2016). Fatores influenciadores dos resultados de matemática de estudantes portugueses e brasileiros no PISA: revisão integrativa. *Ciênc. Educ.*, Bauru, 22(4), 837-853. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/311566680>. Acesso em: 6 de novembro de 2021.
- [17] Whittemore, R., & Knafl, K. (2005). The integrative review: updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, 52(5), 546–553. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x>.
- [18] J. S. Neto, F. V. A. Pinho, H. L. Matos, A. R. O. Lopes, G. S. Cerqueira, E. P. Souza (2021), Teaching technologies used in Education in the COVID-19 pandemic: an integrative review. *Research, Society and Development*, 10(1). DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11974>
- [19] R. Whittemore, K. Knafl (2005), The integrative review: updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, Chichester, 52(5), 546-553, 2005.
- [20] M. R. F. Paiva, R. F. J. Parent, José, R. F. Brandão, I. R. Queiroz, H. B. Ana (2016), Metodologias ativas de ensino aprendizagem: revisão Integrativa. *Sanare, sobral*, 15(2), 145-153.
- [21] Edean, M., (2003), Learning Materials at a Distance. UK Centre for Materials Education (2003). Disponível em: <http://www.materials.ac.uk/guides/distance.asp>.
- [22] A. L. Abdulrahman, I. F. Abdelrahim, A. M. Fathi, H. A. A. Rafdan (2020), Distance education as a response to pandemics: Coronavirus and Arab culture, *Technology in society*, 63, 101-317.
- [23] S. Horni and S. Mcgugank (2020). Adaptive expertise in mathematics teaching during a crisis: How highly committed secondary US mathematics teachers adjusted their instruction in the COVID-19 Pandemic. Project SIGMa. Vanderbilt University, Nashville, Tennessee, 2020. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13720.83200>
- [24] D. Hillmayr., L. Ziernwald., F. Reinhold, I. H. Sarah, K. M. Reiss (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers and Education*, 153(2), 103897. <http://doi.org/10.1016/j>
- [25] P. Kalogeropoulos, A. R. J. Russo, S. V. T., Russo (2020). Learning Mathematics From Home During COVID-19: Insights From Two Inquiry- Focussed Primary Schools <https://doi.org/10.29333/ejmste/10830>
- [26] E. M. Mulenga, J. M. Marbán (2020), Prospective Teachers' Online Learning Mathematics Activities in the Age of COVID-19: A Cluster Analysis Approach. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(9), 2-9. <https://doi.org/10.29333/ejmste/8345>

Sustainable Urban Race: Project Based Learning for Scientific-Technical Vocations During 2018-2021 Editions

Millan Prior, B., Pino Fernández, J., Ruiz Castilla, D., Ceada Garrido, Y., Ríos Gutiérrez, J., Barragán Piña, J., Enrique Gómez, J.M., Tejada Guzmán, D., Gamero López, J., Andújar Márquez, J.M.

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

borja.millan@diesia.uhu.es, joaquin.delpino@diesia.uhu.es, daniel.ruiz@diesia.uhu.es,
yolanda.ceada@sc.uhu.es, rios@uhu.es, antonio.barragan@diesia.uhu.es, juanm.enrique@diesia.uhu.es,
diego.tejada@diesia.uhu.es, jose.gamero@diesia.uhu.es, andujar@uhu.es

Abstract- Project-based learning (PBL) has been widely used in technical studies and engineering education and has been traditionally associated with student engagement and providing user experience. Currently there is a lack of interest and a reduction in students in technical qualifications. As a way to improve the situation, authors have devised a project that motivates students to enrol in technical degrees through PBL: a challenge based in the design and construction of an electric (solar-powered) vehicle by preuniversity students, to later carry out a public competition between participant centres. In this way, authors intend to increase the engagement of preuniversity students with technical studies while promoting ecological awareness. There is an increased need for engineers and scientists since most of current products must be redesigned to be more environmentally responsible. This paper describes the project carried out at the University of Huelva together with preuniversity schools, as well as some of the results obtained during 2018 - 2021 editions of this project.

Keywords- Project Based Learning, Student motivation, Secondary schools, Scientific-Technical Vocations.

I. INTRODUCTION

Sustainability issues have a high complexity, are systemic in our actual environment and cannot be easily remedied [1]. Vehicle caused pollution is associated to 15-50% of total fine particle mass in urban areas [2]. To solve this issue, an impulse for a change in our actual lifestyle, and to move towards a sustainable society is needed. However, technical qualifications have reduced interest and fewer students during the last decade. The lack of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) vocations increases the magnitude of the problem, as education is a key factor in the development of societies [3]. Moreover, the promotion of social and institutional learning for sustainable development has been identified as one of the key research areas for the next decade [4].

Aiming to increasing the interest in science and technology in pre-university students, the Sustainable Urban Race project (SUR) was conceived by “Control and Robotics” research group of the University of Huelva (Spain). SUR has received funds from the Spanish Foundation for Science and Technology (FECYT), associated to the Spanish Ministry of Science and Innovation.

The main idea behind SUR is to increase the interest of pre-university students (mainly from secondary schools in the southwest part of the Iberian Peninsula) to enrol in scientific and technical education. Also bring science, technology, and innovation to the society in an event with media impact. To compete in SUR, the students must design and construct an electrical vehicle (powered by solar energy) working in teams from December to May. The solar powered vehicle must be capable of transporting at least one of the students in a circuit designed to mimic an urban environment.

The organization provides to the teams a development kit composed by two solar panels, an electric motor and other components (like motor controllers, batteries, etc.). There are three only requirements that the vehicles should meet: at least 3 wheels; minimum 60 W of solar panels; and capable of transporting one student. Apart from that, there are no restriction in terms of vehicle design, team organization and selection of the materials to build the vehicle. The lack of constraints allows the teachers of each centre to adapt the project to the curriculum that they intend to implement.

The organization proposes to all the participant teams the use of Project Based Learning (PBL) approach and to incorporate the vehicle design project in their daily sessions. PBL has proven to be an effective methodology for teaching, especially for scientific-technical fields [5, 6]. The PBL approach resulted in a student-centered environment with higher engagement and motivation [7]. A good deal of research has shown that student engagement is positively related to achievement, and on the contrary, disengagement leads to poor academic outcomes in many cases [8].

II. METHODOLOGY

Experiential learning can be defined as acquiring knowledge through experiencing things [9]. To participate in the competition, pre-university students must design and build a solar powered electrical vehicle that must be capable of transporting at least one student in a course designed to mimic an urban environment. The project involves both teachers and students that should work together for almost an entire course. Transversal competences, such as creativity, collaboration between pairs, time management and optimization- are also

developed. Furthermore, as the project is an open problem, students also improve their ability to research and develop solutions, increasing ecological awareness and developing entrepreneurship and self-esteem [5].

The project is divided in three phases: technical conferences, vehicle construction/competition, and evaluation. Below each of these phases is described.

- The **technical conferences** were held at the University of Huelva and establish the starting point of the project, being the first contact between the organization and the participant teachers. All the team representatives, corresponding to the centers of the province of Huelva, Badajoz and Faro (Portugal) are invited. During the Technical Conferences, the regulations are introduced, a debate is established with the attendees about the tests, scoring methodologies, and general rules that can be adapted to meet the participants requirements. Moreover, the conferences also serve as questions & answers session, as many of the participants are entering the competition at that time (see Fig. 1).
- The **vehicle design and construction** is the longer phase of the project. The participants should design and build a solar powered vehicle with 3 or 4 wheels, and at the same time, must solve the challenges proposed by the organization. The technicians of the organization visit each participating center at the beginning of this period to support the design and construction of the vehicle. The technicians are members of the Control and Robotics Research Group (TEP-192) of the University of Huelva, and they are experts in those areas. The design and construction of the vehicle is carried out by each center at its own pace and in a heterogeneous way. The team coordinator (a teacher from each center) defined the project planification according to their personal considerations, syllabus adaptations and students' interests. Some teachers included the project as part of the curricula, while others defined the project as an extracurricular activity. SUR organization proposes the application of PBL to the participants as a way to introduce SUR project in the classes' plan. PBL is a systematic teaching and learning method, with a great achievement rate in engaging students in complex, real-world tasks that result in a marketable item or service. PBL application enables students to acquire knowledge and life-enhancing skills [10]. Every teacher is free to select the most suitable methodology to introduce SUR in their curricula, but PBL has showed a great effect in improving student learning about technologies and making the most of the project to increase the possible vocations of students to enroll in STEM.



Fig. 1. Students taking the surveys (computer assisted) during the competition

- The **evaluation** was conducted by using surveys: directed to the students and teachers carried out on the day of the competition. The questions were divided into three blocks: demographic data, technical learning and transversal learning and the answers are on a 4-point Likert scale from “not at all true” to “very true”. Technical Learning refers to the learning of technical skills within the project. The items to measure technical learning were extracted from the objectives set by the organization: “I have learned to design and build a vehicle, capable of transporting a person, without breaking” “... to manage mechanical design programs”, “... to design and build simple electronic circuits”, “... to install the wiring of the vehicle, the photovoltaic panels and connect them with the batteries”, “... to handle tools (type pliers, cutting pliers, wire strippers, multimeter...)” and “... to apply basic programming principles through the ARDUINO platform”. Meanwhile, Transversal Learning refers to the generation of common competences as communication, teamwork, leadership, etc. For transversal learning were made "ad hoc" taking into account the considerations from The Project-Based Learning Handbook. The items to measure transversal learning were: “I have learned to help preserve the environment”, “... to carry out original projects”, “... to write projects”, “... to learn by myself”, “... to organize tasks”, “... to work as a team” and “... to take initiative”.

III. RESULTS

The data collection was carried out during years 2018 2019 and 2021, on the day of the competition.

In 2018, 123 students and 19 teachers from 9 secondary schools participated. Regarding the students: 85% were between 13 and 18 years old and 15% between 19 and 30 years old. 69% were male and 31% female students. 35% came from

TECHNICAL LEARNING AVERAGE PER SUR EDITION

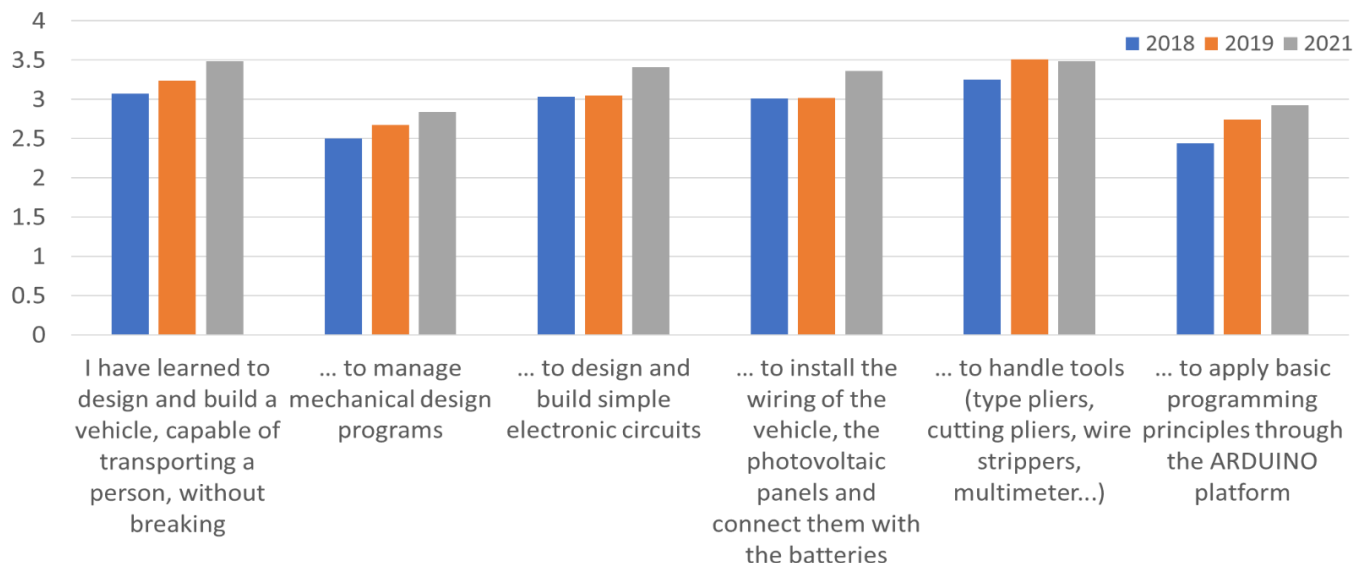


Fig. 2. Results of the surveys from SUR 2019-2021 editions

Compulsory Secondary, 37% from Baccalaureate and 28% from Formative Cycles. About the teachers: the majority were teachers with more than 10 years of teaching experience and between 37 and 52 years. The teams were generally composed by two teachers and groups from 5 to 10 students.

In 2019 the sample consisted of 142 students and 24 teachers from 16 secondary schools. Regarding the students: 78% were between 15 and 18 years old and 22% between 19 and 22 years old. 85% were male and 15% female students. 50% came from Compulsory Secondary, 23% from Baccalaureate and 27% from Formative Cycles. 20% of the students had participated previously in SUR 18. About the teachers: the majority were teachers with more than 10 years of teaching experience and between 37 and 52 years. 46% had participated in SUR 18. The teams were generally composed by two teachers and groups from 3 to 8 students.

In 2021 the sample consisted of 86 students and 3 teachers from 8 secondary schools. Regarding the students: 86% were between 15 and 18 years old and 14% between 19 and 22 years old. 88% were male and 12% female students. 52% came from Compulsory Secondary, 22% from Baccalaureate and 26% from Formative Cycles. 60% of the students had participated previously in SUR 19. About the teachers the majority had participated in SUR 18. The teams were generally composed by three teachers and groups from 5 to 10 students.

Students consider that they have greatly improved their skills for handling tools, design and construction of electronic circuits. They have greatly improved their skills to install a battery and photovoltaic panels. Surprisingly for the organizers, most believe that they have not improved their skills to apply basic programming principles through the Arduino platform and to handle specific software for structure design. The teachers' considerations regarding the learning achieved by the students are similar. A graphical representation of the results corresponding to de different editions can be seen on Fig 2.

IV. CONCLUSIONS

The study shows that despite the defy, most of the secondary schools completed the construction of their vehicles. According to the data from the surveys, the PBL methodology used during the project has obtained satisfactory levels of technical learning. A remarkable consequence of the project is to encourage the desire to study engineering among pre-university students. Based on the surveys conducted, the project has been very interesting for most of the students, so it is expected that it has sparked engineering vocation among them.

The results serve in two ways: as a confirmation in the advancements in teachers and students' engagement and will help us plan the challenges and objectives of the next edition to solve some of the detected deficiencies.

In conclusion, we think that the project has met the objectives set in a very satisfactory way, has had a great acceptance among the pre-university centers in the region, and has had a great media impact in press, radio and television. The organizers hope to continue improving in future editions and to increase the number of participants.

ACKNOWLEDGMENTS

This work is a contribution of the Sustainable Urban Race Project (SUR) by the Spanish Foundation for Science and Technology (FECYT) of the Ministry of Science and Innovation (Grant no: FCT-19-14492) and by the grant IJC2019-040114-I funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and by "European Union Next Generation EU/PRTR".

REFERENCES

- [1] Amim Wiek, Barry Ness, Petra Schweizer-Ries, Fridolin S. Brand & Francesca Farioli. 2012. From complex systems analysis to transformational change: a comparative appraisal of sustainability science projects. *Sustain. Sci.* 7, 5–24.

- [2] Chunyi Li, Yilan Huang, Huanhuan Guo, Gaojie Wu, Yifei Wang, Wei Li 1,2 and Lijuan Cui. 2019. The concentrations and removal effects of PM10 and PM2.5 on a Wetland in Beijing. *Sustainability* 11(5), 1312.
- [3] Burcu Gulay Tasci. 2015 Project based learning from elementary school to college, tool: architecture. *Proc. Soc. Behav. Sci.* 186, 770–775.
- [4] Thaddeus R. Miller, Arnim Wiek, Daniel Sarewitz, John Robinson, Lennart Olsson, Da-vid Kriebel & Derk Loorbach. 2013. The future of sustainability science: a solutions-oriented research agenda. *Sustainability Science*, 9(2), 239–246. doi:10.1007/s11625-013-0224-6
- [5] David Mioduser & Nadav Betzer. 2007. The contribution of project-based learning to high achievers' acquisition of technological knowledge. *Int. J. Technol. Design Educ.* 18, 59–77.
- [6] María Paz Sánchez González. 2010. Técnicas docentes y sistemas de evaluación en Educación Superior, vol. 26. Narcea Ediciones, Madrid.
- [7] Jill K Robinson. 2013. Project-based learning: improving student engagement and performance in the laboratory. *Anal Bioanal Chem* 405, 7–13. doi:10.1007/s00216-012-6473-x
- [8] Jennifer A. Fredricks, Phyllis C. Blumenfeld & Alison H. Paris. 2004. School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59–109. doi:10.3102/00346543074001059
- [9] Douladeli Efstratia. 2014. Experiential education through project-based learning. *Proc. Soc. Behav. Sci.* 152, 1256–1260. Cheng-Huan Chen & Yong-Cih Yang. 2019. Revisiting the effects of project-based learning on students' academic achievement: a meta-analysis investigating moderators. *Educ. Res. Rev.* 26, 71–81.
- [10] Thom Markham, John Mergendoller, John Larmer & Jason Ravitz. (2003). *Project- Based Learning Handbook: A Guide to Standards Focused Project-Based Learning for Middle and High School Teachers*. Novato, CA: Buck Institute for Education.

Problemáticas del Mundo Actual, Nuestro Territorio Cercano

La Ciudad de Huelva y el Georrecurso de los Cabezos

M^a Carmen Morón Monge, Mónica Trabajo Rite

Departamento de Didácticas Integradas, Área de Didáctica de las Ciencias Sociales

Universidad de Huelva

Av. del Tres de Marzo, 3, 21007 Huelva

mcarmen.moron@dhis2.uhu.es, monica.trabajo@ddcc.uhu.es

Resumen- La presente contribución recoge algunos de los resultados derivados de la ejecución de un Proyecto de Innovación de la actual convocatoria 2021-2022. Este Proyecto se vincula directamente con una asignatura de 4º curso del Grado de Educación Primaria, destinada a la concienciación y diseño de propuestas de acción en relación con la problemática de los Cabezos de Huelva. Estos elementos singulares del Paisaje onubense son reconocidos por el Inventario Andaluz de Georrecursos (2011) por su valor científico, didáctico y turístico. Así, ponemos el acento en la necesidad de la alfabetización científica, en la participación ciudadana a través de la escuela y en la formación de docentes como medio para visibilizar dichos elementos. Todo esto contribuye a la búsqueda de soluciones participativas y sostenibles para la ciudad de Huelva y su territorio.

Palabras Clave- Formación de Docentes, Cabezos de Huelva, Alfabetización científica, participación ciudadana, sostenibilidad

I. INTRODUCCIÓN

Esta comunicación presenta los resultados preliminares de la implementación de un Proyecto de Innovación Docente vinculado con la asignatura de 4º curso “Proyectos Integrados del Medio Social y Cultural” perteneciente al grado de Educación Primaria. Igualmente, esta acción se incluye a su vez dentro del Proyecto de investigación I+D+I titulado “Patrimonios controversiales para la formación ecosocial de la ciudadanía. Una investigación de educación patrimonial en la enseñanza reglada” (PID2020-116662GB-I00) del Ministerio de Ciencia e Innovación (Gobierno de España).

La problemática entorno a la que se construye y desarrolla esta asignatura está relacionado con los Cabezos de Huelva. Estos constituyen elementos fisiográficos singulares del Paisaje cultural de la ciudad. Son elevaciones medias y bajas del terreno sobre una topografía plana, a modo de atalayas naturales desde las que se divisan las marismas y terrazas de los ríos Tinto y Odiel (Figura 1).

En este sentido podemos decir que existen una bases científicas, académicas, educativas y sociales que son las claves para comprender el fenómeno y fundamentar su interés desde el punto de vista científico, ciudadano y educativo.

De esta forma, las bases que dan carta de naturaleza al reconocimiento social y a la conservación de estos elementos paisajísticos, parten inicialmente desde el ámbito

institucional proveniente de diferentes organismos no vinculados directamente a la esfera educativa.



Fig. 1. Panorámica de la Ciudad de Huelva y las Marismas del Río Odiel desde el Cabezo del Conquero

Así, los valores Paisajístico y Patrimonial de los Cabezos de Huelva están en la línea de lo que recoge el Convenio Europeo del Paisaje (CEP, 2000) [1] y la Convención de Faro (2005) [2]. La primera de estas declaraciones institucionales hace hincapié en la noción de Paisaje Cultural, entendiendo que el paisaje es producto de la estrecha relación con el Ser Humano y la cultura y la Naturaleza. Igualmente, destaca el papel de la sociedad, la participación ciudadana y la educación, como agentes activos de su valoración y conservación. La segunda declaración, subraya el papel del Patrimonio Cultural y sus vínculos con la ciudadanía y la educación en general.

Todas estas indicaciones promovidas tanto desde el CEP como de la Convención de Faro, están en sintonía con los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) de la agenda 2030, propuestos por Naciones Unidas. Dichos objetivos hacen patente la necesidad de incluir y hacer partícipe a la sociedad para dar alcance a los mismos, y para ello se plantean varios que están por ejemplo en la línea de la sostenibilidad de las ciudades (objetivo 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles) y la Educación (Objetivo 4: Educación de Calidad).

A nivel de Comunidades Autónomas los Cabezos de Huelva están reconocidos por el Inventario Andaluz de Georrecursos de 2011 de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. Esta designación tiene en cuenta el valor científico, didáctico y turístico de los Cabezos. Dicha consideración no supone ninguna garantía *de facto* a su

conservación y valoración patrimonial, sino que destaca esos valores y su importancia como geopatrimonio.

Por otro lado, las bases académicas y educativas se basan en el actual marco normativo de educación LOMCE Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa) y próximamente LOMLOE (Ley Orgánica de Modificación de la LOE). El reglamento que ordena el currículum básico de la Educación Primaria a nivel estatal es Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, esta normativa tiene su adaptación al ámbito autonómico a través de .La Orden de 17 de Marzo 2015, para Primaria en Andalucía.

Este último marco normativo es el que vamos a emplear como referente para conocer muy sintéticamente el papel que tiene el Patrimonio en ámbito educativo andaluz, particularmente en el área de Ciencias Sociales. La educación formal, reglada a través de esta normativa educativa señala en distintos elementos curriculares la aparición del Patrimonio. Destacamos algunos, como en *la Introducción de los Aspectos generales* que dice: “[...] nuestro alumnado deberá conocer y valorar el patrimonio natural y cultural de Andalucía” (p.139). De igual modo, en los *Objetivos de área* indica “O.CS.5. Conocer y valorar el patrimonio natural y cultural de Andalucía y España y contribuir activamente a su conservación y mejora[...]” (p. 144). También es recogido el patrimonio en los *Criterios y Estándares de evaluación*: “STD.47.1 Identifica, valora y respeta el patrimonio natural, histórico, cultural y artístico y asume las responsabilidades que supone su conservación y mejora.” (p. 169). Por tanto, teóricamente el Patrimonio es tratado en la educación formal [3].

II. CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO: ¿QUÉ PASA CON LOS CABEZOS DE HUELVA?

Los Cabezos de Huelva son una problemática patrimonial, medioambiental y social de gran interés para la ciudadanía y también para el alumnado. Estos hitos del relieve onubense conforman una fisionomía particular del paisaje de la ciudad de Huelva. Así, tradicionalmente el crecimiento urbano se había ido acomodando a dicha fisionomía, sin embargo a partir del Plan General de Ordenación Urbana de 1999 estos sitios pasaron a ser considerados como baldíos y como obstáculos para el proceso de urbanización. Debido a dicho ordenamiento urbano la faz de los Cabezos ha ido transformándose radicalmente siendo desmontados o amputados en sus flancos. Este proceso de desmantelamiento se vio frenado por la crisis de 2008, no obstante en la actualidad se han recuperado el interés por continuar con la ejecución del Plan anterior.

El papel de los Cabezos no es solo es patrimonial e identitario sino que también son atalayas naturales que permitían la defensa de la ciudad y actualmente su protección frente a riesgos naturales como tsunamis.

A pesar de estos valores y funciones, los Cabezos tienen una cierta invisibilidad Patrimonial e identitaria para la ciudadanía onubense, debido en parte a las escasas o nulas ocasiones en que las autoridades locales han contado con la participación ciudadana para compartir y debatir los planes urbanos para estos elementos patrimoniales.

En este proceso de visibilización social y ciudadana la escuela tiene un papel fundamental como primera línea de actuación y de conformación de los valores democráticos y participativos de la sociedad. Más específicamente, en lo que

respecta a los Cabezos de Huelva, la educación tiene la responsabilidad de formar, informar y alfabetizar científica, cultural y patrimonialmente sobre el valor de los mismos.

Bajo esta directriz básica surge este proyecto de innovación que a su vez se inserta en el Proyecto de investigación I+D+I mencionado más arriba.

A. Objetivos del proyecto

En este sentido, nos planteamos como formadoras de formadores los siguientes objetivos:

- Acercar desde la Ciencia la comprensión de problemáticas del patrimonio-territorial cercano: Los Cabezos de Huelva y su Paisaje Cultural.
- Ayudar a construir un imaginario de la ciudad y de su Patrimonio y de los Cabezos desde la Sostenibilidad y la accesibilidad para la ciudadanía.
- Crear de propuestas participativas sobre la ciudad como Ciudadanos de pleno derecho desde la Escuela.
- Difundir del Conocimiento y de los Valores éticos y democráticos.
- Activar del reconocimiento de la identidad a través de la puesta en valor del Patrimonio Local: p.e Los Cabezos de Huelva.

B. Metodología y fases del proyecto

La metodología de este proyecto tiene carácter integrador, en la construcción de los saberes escolares. De igual manera, la formación de formadores sigue este mismo enfoque. Así, el acercamiento al entorno cercano permite la construcción de contenidos situados. Estos son contenidos significativos frente aquellas que son proporcionados por los libros de texto, que en ocasiones presentan generalizaciones y ejemplificaciones modelizadas, muy ajenas a menudo a la realidad, [4]. Igualmente, nuestra propuesta tiene una clara conexión con el activismo sociocientífico [5]. Este busca conectar la práctica docente y sus resultados con problemáticas cercanas al alumnado, implicándolo en la búsqueda de soluciones que tengan una implementación directa con la comunidad y su territorio. En este sentido, el aprendizaje por indagación se apoya directamente en el Aprendizaje basado en Problemas (ABP) y en la Educación Patrimonial. Bajo este enfoque metodológico las salidas de campo, el diseño de itinerarios, la realización de cuestionarios y entrevistas a diferentes colectivos, son las estrategias y los métodos principales que permiten articular el ABP. Estas son las estrategias metodológicas básicas que guían la formación de docentes.

En este sentido, el ABP se desarrolla en una serie de fases de trabajo que estructuran el proceso de Enseñanza-Aprendizaje. Así, el maestro en formación desarrolla la competencia aprender a aprender, siendo guiado por el docente (Tabla 1). El proyecto es desarrollado por un total de 231 estudiantes, futuros docentes de Educación Primaria.

C. Algunos resultados

Los resultados que se han alcanzado con este proyecto están producidos en las distintas fases que lo componen.

Así en la I-II Fase el alumnado ha tenido una primera salida de campo que le ha proporcionado una toma de contacto *in situ* con la problemática de los Cabezos y el territorio. Esta salida de campo inicial ha estado precedida de una fundamentación previa gracias a las distintas notas publicadas en dos periódicos locales y uno nacional sobre la

Tabla I
FASES DEL DESARROLLO DEL ABP

Fases de la ABP	Actividades	Objetivos
Fase I	1: ¿Qué es patrimonio? 2: ¿Qué está pasando con Los Cabezos en Huelva?	Aproximación al concepto de patrimonio. Reflexión sobre la problemática de Los Cabezos
Fase II	3: 1ª salida: Contextualización de los Cabezos y recogida de información. 4 Formulación de Hipótesis inicial. 5: Intervención de expertos. 6: Diseño de propuesta de intervención didáctica	Indagamos y contrastamos con la realidad. Conocimiento científico con la ayuda de expertos. Esbozamos propuestas de actuación
Fase III	7: Valoración de la propuesta y viabilidad fuera del aula. 2ª salida	Contrastamos la hipótesis, mejoramos y comprobamos la propuesta
Fase IV	8: Experimentamos la propuesta. 9: Difundimos y comunicamos 3ª Salida	Experimentamos y evaluamos. Aprendemos a difundir y comunicar



Fig. 3. Grupo de alumnos en la 1ª Salida de Campo. Fase II



Fig. 2. Ejemplo de Visual Thinking. Fase I

temática. Todo esto le ha permitido al alumnado un primer nivel de reflexión para caracterizar y comprender el fenómeno de los Cabezos (Fig.3). De igual forma, esto le ha permitido identificar los distintos agentes, los factores y las amenazas que planean sobre estos. Dicha reflexión ha quedado materializada en la realización de mapas conceptuales y visual thinking (Fig.2)

Igualmente, este proceso reflexivo ha permitido la formulación de hipótesis de partida para conocer más profundamente sobre la problemática y diseñar propuesta de acción tanto para la educación formal como no formal. Con este sentido, en la III Fase, el alumnado sondea qué conoce la ciudadanía sobre los Cabezos a través de cuestionarios y entrevistas (Fig.4).

Los cuestionarios han sido destinados a distintos colectivos:

- Alumnado de la UHU: doble grado de Ciencias Ambientales y Geología; Grado de Gestión Cultural y Grado de Maestro de Educación Primaria-
- Asociaciones y Plataformas: “Parque Moret”, “Huelva te Mira”.



Cuestionario sobre los cabezos de Huelva.

Somos estudiantes de la Universidad de Huelva, del grado de Educación Primaria, en 4º curso y para la asignatura de “Proyectos integrados para enseñar el conocimiento del me cultural y social”

Participantes:
Blanca Fernández Alonso
Antonio Rodríguez Castilla
Andrés Sierra Martín
Jonatan Velo Arenas

¿Le podríamos realizar unas preguntas?

Son de interés general sobre una problemática que surge en la ciudad de Huelva, como es especulación urbanística y la posible desaparición de los cabezos de Huelva.

Se ruega, que realice dicho cuestionario, los estudiantes de la propia Universidad de Huelva así como su difusión a familiares y amigos

¡Por la defensa de nuestros CABEZOS!



Fig. 4. Ejemplo de cuestionario diseñado por los alumnos. Fase III

- Ciudadanía en general: vecino de los barrios afectados por la presión urbanística sobre los Cabezos. Usuarios del Parque Moret. Residencia de mayores.
- Durante la IV Fase se han diseñado distintas propuestas concretas en base a los resultados del análisis de cuestionarios y entrevistas. Estas acciones formativas regladas y no regladas están destinadas a dar a conocer a través de distintas acciones concretas las funciones, valores y el papel de los Cabezos para la ciudadanía. Algunos destinatarios de las propuestas educativas y formativas:
- Actividades de concienciación: Residencia de Mayores, vecinos de barrios cercanos a los Cabezos
 - Acciones tipo: “Performance”, “Role Play”;
 - Diseño de blog, periódico (Fig. 5).
 - Colegios de Primaria de Huelva Capital: Salidas de campo e itinerarios didácticos (Fig.6)
 - Difusión RRSS: Facebook e Instagram

- Recogida de leyenda y tradición oral sobre estos enclaves.



Fig. 5 Ejemplo de acción comunicativa en formato periódico. Fase IV



Fig. 6 Ejemplo de diseño de Itinerario Didáctico. Fase IV

III. CONCLUSIONES

Los resultados que hemos mostrado son preliminares, ya que se han generado importantes aportaciones y datos de las distintas producciones que han ido desarrollando los maestros y maestras en formación a lo largo de la ABP. Podemos constatar que la percepción y la visión de estos futuros docentes han cambiado progresivamente desde el desconocimiento científico, social y didáctico en relación con los Cabezos de Huelva, hacia la una mayor sensibilidad y valoración de los mismos. Esta toma de conciencia queda reflejada particularmente en las distintas propuestas educativas formales y no formales que atienden a las necesidades que ellos mismos han detectado gracias a los resultados que cuestionarios y entrevistas han arrojado.

Estas propuestas recogen en ocasiones las inquietudes y necesidades de mejora sobre estos espacios de la ciudad de Huelva, particularmente en su conservación, limpieza, accesibilidad, señalización, etc., como, por ejemplo, las planteadas para el Parque Moret. De otro lado, el planteamiento de sus acciones formativas tiene un claro trasfondo social, ya que estas implican a otros colectivos, que

habitualmente la escuela no suele incluir. Este es el caso, de la conexión con plataformas de acción ciudadana, residencias de mayores, usuarios del Parque Moret, vecinos de barriadas afectados por la presión urbanística, etc. Del mismo modo, nuestros estudiantes de maestros han hecho extensibles sus acciones formativas a los estudiantes de secundaria y a su profesorado. En este sentido, el último eslabón de la formación reglada que es la enseñanza universitaria también ha sido objeto de acciones de sensibilización y comunicación.

Finalmente, los maestros en formación han comprendido que la práctica docente no se ciñe únicamente al aula, sino que también debe salir y conectar con las problemáticas sociales, medioambientales y patrimoniales del territorio cercano. Todo esto en última instancia busca la sostenibilidad de la ciudad a través del conocimiento y la participación ciudadana cuyo germen debe surgir desde la escuela.

AGRADECIMIENTOS

Esta propuesta educativa está dentro de las acciones del Proyecto: Patrimonios controversiales para la formación ecosocial de la ciudadanía. Una investigación de educación patrimonial en la enseñanza reglada (Ref.PID2020-116662GB-I00) y del Proyecto de Innovación Docente: Aprender y Enseñar fuera del aula a través de ABP (aprendizaje basado en proyectos) y salidas escolares, formación de maestros de educación primaria, Convocatoria de Proyectos de Innovación Docente e Investigación Educativa 2021/2022, Universidad de Huelva.

REFERENCIAS

- [1] Conseil de l'Europe, "Convention européenne du paysage, Florence. STE, 176" (<http://conventions.coe.int/Treaty/FR/treaties/html/176.htm>). 2000. (http://otv.jccm.es/uploads/tx_cotv/Convenio_Europeo_Paisaje.pdf)
- [2] Consejo de Europa Council of Europe Framework "Convention on the Value of Cultural Heritage for Society". 2005: Recuperado de <https://www.coe.int/en/web/conventions/full-list/conventions/rms/0900001680083746>.
- [3] M.C. Morón, H. Morón, y D. Abril, "La Educación no formal desde la Interpretación del paisaje: El Cabezo de La Almagra (Huelva)" En A. García de la Vega (Ed) Contribución didáctica al aprendizaje de la geografía. Universidad Autónoma de Madrid y Asociación Española de Geografía. pp. 961-976, 2019.
- [4] H. Morón, M.C. Morón, y M. Martín, "¿Qué intereses tiene el futuro maestro de educación primaria sobre las salidas fuera del aula?: una exploración de sus necesidades educativas?" En 29 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales Universidad de Córdoba y APICE (Asociación Española de Profesores e Investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales. pp. 981-989, 2021.
- [5] P. Reis, "Promoting students' collective socio-scientific activism: Teacher's perspectives". In S. Alsop & L. Bencze (Eds.), Activism in science and technology education, pp. 547-574, 2014. London: Springer.

Turismo 4.0 y Economía Circular:

Startups y aplicaciones

Alfonso Vargas-Sánchez

Departamento de Dirección de Empresas y Marketing

Universidad de Huelva

Facultad de CC. Empresariales y Turismo. Plaza de la Merced, 11. 21002-Huelva (España)

vargas@uhu.es

Resumen- Este trabajo se sitúa en la intersección entre **Industria 4.0, economía circular y turismo, en un intento de observar la cuarta revolución industrial al servicio de la aplicación de los principios de la economía circular en el sector turístico, un enfoque que ha ganado trascendencia en la medida en que la pandemia de la COVID-19 ha acelerado dinámicas de cambio fundamentales ligadas a la digitalización y a la sostenibilidad ambiental.**

Dentro del marco teórico delimitado por la referida intersección, se ha tomado como referencia empírica el proyecto “goCircular Radar”, puesto en marcha por “TheCircularLab”, de Ecoembes. De entre las 165 startups del sector de la economía circular, se ha prestado especial atención a aquellas localizadas en Andalucía y las que están orientadas, o tienen una potencial aplicación, al turismo. Se describen las actividades que desarrollan, con particular atención a las tecnologías que utilizan y a su contribución a la circularidad.

Palabras Clave- Industria 4.0; Turismo Circular; Startups

I. INTRODUCCIÓN

El interés por la aplicación de los principios de la economía circular al turismo es, ciertamente, reciente, y se produce en un ambiente de disrupción tecnológica que cabe enmarcar en lo que se conoce como ‘Revolución 4.0’. En este contexto, es evidente que las nuevas tecnologías son fundamentales para avanzar hacia un nuevo modelo de turismo circular, como vía hacia la sostenibilidad ambiental. En palabras de Gaztelumendi et al. [1]: “La economía circular y la revolución tecnológica están intrínsecamente unidas y son fenómenos inseparables”.

Como señala Ostojic [2], la cuarta revolución industrial se caracteriza por la confluencia de tres grandes factores: los avances tecnológicos de la Industria 4.0; el cambio del modelo económico desde un modelo lineal, basado en ‘hacer-usar-tirar’, hacia un modelo circular, sostenible y responsable; y la necesidad de enfrentar de una manera efectiva la amenaza del cambio climático. A su vez, la principal característica de la Industria 4.0, afirma Ostojic [2], es la interconexión de procesos, productos y servicios a través de la utilización masiva e intensiva de Internet móvil, sensores e inteligencia artificial, permitiendo la optimización de la eficiencia energética, confiabilidad y disponibilidad de productos y servicios a través de distintas industrias.

En consecuencia, este trabajo se sitúa en la intersección entre la Industria 4.0, la economía circular y el turismo, con el objetivo de evidenciar cómo los desarrollos tecnológicos de la cuarta revolución industrial están impulsando la aplicación de los principios de la economía circular, como rama de la ciencia de la sostenibilidad [3], en el sector turístico. Este enfoque aplicado al sector del turismo ha

ganado trascendencia como consecuencia de la pandemia de la COVID-19, que ha acelerado dinámicas de cambio fundamentales ligadas a la digitalización y a la sostenibilidad ambiental.

A tal fin, dentro del marco teórico delimitado por la referida intersección, plasmada en el siguiente epígrafe, se analizan una serie de experiencias con base en el proyecto “goCircular Radar”, puesto en marcha recientemente por “TheCircularLab”, de Ecoembes. En él participan, a 30 de septiembre de 2021, 165 startups del sector de la economía circular, habiendo prestado especial atención a aquellas localizadas en Andalucía y las que están orientadas, o tienen una potencial aplicación, al sector turístico. Se describen las actividades que desarrollan estas startups, con particular atención a las tecnologías que utilizan y a su contribución a la circularidad.

En concreto, tras el mencionado marco teórico, se hace una descripción de las startups del sector de la economía circular en España, con un detalle de la situación en Andalucía, y se exponen las conclusiones alcanzadas.

II. MARCO TEÓRICO

El llamado Turismo 4.0 no es sino la manifestación de la cuarta revolución industrial, o Industria 4.0, en dicho sector.

El término genérico Industria 4.0 es utilizado para cualificar tecnológicamente las cadenas de valor de las organizaciones, refiriéndose a la capacidad de integrar máquinas y dispositivos complejos con sensores y software en red. Si bien no existe una definición unánime de este concepto, la expresión Industria 4.0 suele englobar los sistemas de automatización modernos, los intercambios de datos y las tecnologías que se ocupan de la digitalización, con capacidad para transformar los modelos de negocio existentes en muchos sectores [4], entre ellos el turismo. Como señala Lu [5], en la cuarta revolución industrial surgen dos factores clave: la integración y la interoperabilidad, es decir, la capacidad de dos sistemas para entenderse y utilizar la funcionalidad del otro para intercambiar datos y compartir información y conocimiento.

Sobre esta base, podemos definir el Turismo 4.0 [6] como el nuevo ecosistema de valor turístico basado en el paradigma de producción de servicios de alta tecnología y caracterizado por los mismos seis principios de la Industria 4.0: (a) interoperabilidad, garantizada por la estandarización de los códigos de comunicación; (b) virtualización, a través de la cual los sistemas cibernéticos pueden controlar procesos físicos; (c) descentralización, en la que cada computadora o dispositivo tecnológico tiene capacidad para

tomar decisiones autónomamente, incluso dentro de procedimientos controlados centralizadamente; (d) capacidad de recopilación y análisis de datos en tiempo real; (e) orientación al servicio, hacia clientes tanto internos como externos a las organizaciones; (f) modularidad, que permite una adaptación flexible a los cambios mediante la sustitución y/o ampliación de módulos individuales.

En suma, el advenimiento de la cuarta revolución industrial, la evolución de los dispositivos tecnológicos y el desarrollo de Internet están teniendo un impacto profundo en la industria turística. En la era del Turismo 4.0, la revolución digital está modificando el comportamiento de los turistas, las empresas y los destinos, proyectándolos hacia una perspectiva 'inteligente'. Como afirma Pencarelli [6], la digitalización ha cambiado significativamente la industria de los viajes y el turismo, transformándola en un sector 'inteligente', es decir, un sector tecnológicamente avanzado e innovador que está completamente inmerso en el paradigma de la Industria 4.0.

En efecto, el Turismo 4.0 ha conducido a un nuevo paradigma de gestión conocido como Turismo Inteligente, el cual, sobre la base de un espacio digital avanzado, hace posible la aplicación de una lógica intensiva en datos de todo tipo para el análisis de los problemas y la toma de decisiones con el fin de mejorar la experiencia del turista y la calidad de vida de los residentes en las comunidades receptoras, con los valores de la innovación y la sostenibilidad como guías [7].

Por un lado, pues, los conceptos de Turismo 4.0 y Turismo Inteligente giran en torno a las nuevas tecnologías digitales, como plataforma técnica que permite la convergencia de ambos. Pero, por otro, hay algunas características que los diferencian. Así, mientras el Turismo 4.0 se refiere, principalmente, a los requerimientos de hardware y software de las tecnologías, el Turismo Inteligente se refiere a un uso de Internet y las TICs orientado a la innovación, destinado a combinar recursos tecnológicos, humanos y de gestión en busca de la sostenibilidad económica, social y ambiental. El Turismo Inteligente implica, por ejemplo, prestar especial atención a la movilidad sostenible, a la cohesión social, a la protección de la privacidad de las personas, a la optimización de la gestión de residuos, así como del consumo de agua y energía en los lugares turísticos [6]. Este carácter del Turismo Inteligente sirve de vínculo con el otro tópico clave en este trabajo: la economía circular (la circularidad en la economía del turismo).

Una economía circular, como alternativa al insostenible modelo lineal del que somos herederos, podría definirse como aquella en la que el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantienen en la economía durante el mayor tiempo posible, reduciendo al mínimo la generación de residuos, para lo cual se requiere la creación de ecosistemas circulares a través de la colaboración (simbiosis) entre empresas, incluso de sectores diferentes [8]. A tal fin, Ritchie y Freed [9] hablan de las 6 Rs de la circularidad: Rechazar (decir no a lo que no se necesita), Reducir (usar menos inputs o usarlos durante más tiempo), Remanufacturar (extender la vida útil de los productos), Reutilizar (encontrarles otros usos), Reciclar (devolver a los materiales una nueva vida) y Pudrir -"Rot" en inglés- (devolverlos a la tierra).

En consecuencia, la economía circular redefine los patrones de crecimiento, disociando gradualmente la

actividad económica del consumo de recursos finitos y eliminando los residuos del sistema. De esta forma, es reconocida como una estrategia de crecimiento sostenible [10] y una respuesta clave en la necesaria evolución/transformación de las empresas hacia modelos de negocio sostenibles [11]. No obstante, autores como Sørensen et al. [12] ponen de manifiesto la dificultad de la transición hacia una perspectiva circular en el turismo, consecuencia de la gran cantidad de actores involucrados y del modelo hedonista de consumo que caracteriza esta actividad.

En lo que se refiere a la transición hacia un modelo de economía circular y su aplicación a la industria turística, la revolución tecnológica referida (o 4.0) es un coadyuvante fundamental para profundizar en la aplicación de los principios de la economía circular al turismo. Así, Mazilescu [13], en su visión general acerca de cómo las tecnologías emergentes pueden sustentar el desarrollo del turismo y los viajes, manifiesta que la desmaterialización de la economía se acelerará a través de una transición a una economía circular favorecida por la nueva revolución industrial. En este mismo sentido, Gaztelumendi et al [14] afirman que es en este paradigma de revolución tecnológica donde ha nacido la economía circular aplicada al turismo.

Para Ramos y Brito [15], el desarrollo tecnológico del Turismo 4.0 y la economía circular han de ir de la mano para, desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental, avanzar en el cumplimiento de Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas como los nº 11 (ciudades y comunidades sostenibles), 12 (producción y consumo responsables), 13 (acción por el clima), 14 (vida submarina) y 15 (vida de ecosistemas terrestres). En este sentido, Pan et al. [16] presentan el caso de la "Green Island", en Taiwán, entendiendo la economía circular como una economía restauradora y regenerativa, cuyo diseño se orienta a mantener al máximo posible el uso de los recursos, así como su valor, a lo largo de su ciclo de vida; por tanto, minimizando los desechos y convirtiéndolos en productos valiosos.

En esta línea, Pencarelli [6] considera que, en un futuro próximo, no será posible para los ecosistemas y territorios turísticos tener solamente en cuenta las innovaciones digitales, sino que deberán incluir perspectivas de turismo inteligente como la sostenibilidad, la economía circular, la calidad de vida y el valor social.

Sin embargo, aunque el turismo inteligente y la economía circular se interconectan intuitivamente, ya que ambos se centran en la creación del valor sostenible, sus implicaciones mutuas no se han investigado lo suficiente [17]. Posicionándose en esta brecha, Del Vecchio et al. [17], a través del caso de Ecobnb (<https://es.ecobnb.com/>), presentan cómo estos dos paradigmas (inteligencia y circularidad) se entremezclan para lograr mayores cotas de sostenibilidad (económica, social y ambiental) en el campo del turismo, ayudando a comprender que, en efecto, se trata de dos lentes fundamentales a la hora de gestionar la complejidad e impulsar a las empresas y destinos turísticos hacia la innovación de los modelos de negocio y los procesos de creación de valor sostenibles. La citada integración se plantea como la vía para superar la obsolescencia de los modelos tradicionales de gestión en las empresas y destinos turísticos, considerando el turismo inteligente y la economía circular

como palancas claves para impulsar un cambio de paradigma en este sector [17].

En definitiva, ser inteligente también significa ser sostenible: no cabe atribuir el calificativo de turismo inteligente sin un registro en materia de sostenibilidad que lo avale. Asimismo, una empresa o un destino no pueden considerarse competitivos hoy a menos que se desarrollen de manera sostenible, para lo cual la economía circular es una vía que parece inevitable [18].

III. STARTUPS DEL SECTOR DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

Para aproximarnos al mapa de las startups relacionadas con la economía circular en España, tomaremos como referencia la recopilación disponible dentro del proyecto “goCircular Radar” de “TheCircularLab”, promovido por Ecoembes.

Según se expresa en su sitio web, Ecoembes es una organización sin ánimo de lucro de base empresarial, creada en 1996 y localizada en Madrid, cuya misión es “proporcionar a la sociedad una respuesta colectiva de los agentes económicos ante los temas medioambientales relacionados con el consumo de productos envasados domésticos, logrando el cumplimiento de los objetivos marcados por la Ley, con la mayor eficiencia en el uso de los recursos de la compañía”. Entre sus proyectos se encuentra “TheCircularLab”, el cual, nacido en 2017 y con sede en Logroño, se define como “un centro de innovación abierta especializado en economía circular, que centra su actividad en el estudio, prueba y desarrollo de las mejores prácticas en el ámbito de los envases y su posterior reciclado”. A tal fin, incide en todas las fases del ciclo de vida de los envases: desde su concepción, a través del ecodiseño, hasta su reintroducción al ciclo de consumo a través de nuevos productos.

“TheCircularLab” puso en marcha en 2021 el proyecto “goCircular Radar”, concebido como una “comunidad de innovación abierta para startups y emprendedores del sector de la economía circular” (<https://www.thecircularlab.com/gocircular/>). Esta comunidad pretende aglutinar a las startups que, relacionadas con la economía circular, tengan una clara orientación a la innovación. Los requisitos son tres: estar constituida y tener una antigüedad inferior a 10 años; disponer de un elevado nivel de innovación en sus productos o en su modelo de negocio; y ofrecer una cartera de soluciones o productos que puedan contribuir a la economía circular.

Aunque las startups incluidas en “goCircular Radar” (pueden consultarse en <https://radar.thecircularlab.com/es/>) son casi todas nacionales, su ámbito geográfico no se limita a España. En concreto, de las 165 empresas registradas a finales de septiembre de 2021, 151 son españolas; los 14 registros restantes se reparten, sobre todo, entre Países Bajos (5) y Reino Unido (3).

A nivel regional, las Comunidades Autónomas que dominan son la Comunidad de Madrid (41), Cataluña (33) y la Comunidad Valenciana (20), seguidas de Andalucía (14). A ésta última nos referiremos específicamente más adelante.

La mayor parte se constituyeron a partir de 2017 (una centena en total, es decir, el 60,6%), siendo 2020 el año con mayor número de registros (35, el 21,2%). Las más antiguas son de 2009 (1) y 2010 (1).

El ámbito principal de sus actividades son la fabricación (un tercio, 33,3%) y el desarrollo tecnológico (23,0%). Entre ambos superan, pues, la mitad de las startups registradas.

En cuanto a la etapa de la cadena de valor en la que operan, su distribución es bastante equilibrada, en concreto, por orden de importancia: reciclaje y segunda vida (38,2%), eco-diseño, producción y nuevos materiales (32,1%), así como consumo y ciudadano (29,7%).

Finalmente, la cadena de valor de la electrónica y TICs es la más frecuentada (13,9%), aunque la dispersión es grande a este respecto.

Centrándonos en Andalucía, las 14 startups referenciadas en “goCircular Radar” se encuentran localizadas en cuatro provincias. La mayor parte (6) en Sevilla (42,9%); Málaga y Granada concentran 3 cada una; y cierra Córdoba con 2.

Son empresas muy jóvenes, pues casi las tres cuartas partes de ellas se constituyeron a partir de 2019 (el 35,7% en 2020). Respecto al conjunto de España, son más jóvenes en términos relativos.

Su ámbito principal de actividad se concentra, sobre todo, en el desarrollo tecnológico (42,9%) y en el comercio online (21,4%).

En cuanto a la etapa de la cadena de valor en la que se enfocan, la distribución es muy semejante entre las tres opciones contempladas: consumo y ciudadano (35,7%); eco-diseño, producción y nuevos materiales (35,7%); y reciclaje y segunda vida (28,6%).

Donde mayormente operan es en la cadena de valor de “agua, alimentación y nutrientes” (28,6%).

IV. CONCLUSIONES

Como señalan Centobelli et al. [19], la investigación en la intersección entre economía circular e innovación digital ha puesto de relieve cómo las tecnologías habilitadoras clave de la Industria 4.0 pueden ser útiles para acelerar algunos objetivos de la economía circular y mejorar la competitividad sostenible y el crecimiento inteligente. No obstante, cómo pueden las empresas aplicar en la práctica esas tecnologías para lograr objetivos específicos de economía circular sigue siendo una pregunta de investigación por explorar, con una acusada falta de evidencias empíricas a nivel, por ejemplo, de sus consecuencias en los modelos de negocio.

Centrándonos en las startups relacionadas con la economía circular más vinculadas al desarrollo tecnológico y al turismo, la conclusión preliminar es que la utilización de las tecnologías más innovadoras se encuentra en un estadio inicial, todavía centradas, salvo alguna excepción, en las apps móviles y en las soluciones de comercio electrónico. El potencial de crecimiento en cuanto a aplicación de las tecnologías 4.0 es, por tanto, muy grande aún.

En cuanto a su uso para la puesta en práctica de los principios de la economía circular en el sector turístico, la reducción del desperdicio alimentario se ha revelado como el objetivo en el que se ha puesto más el foco hasta ahora. No obstante, es pertinente señalar que el factor tecnológico no es el único a considerar a la hora de alcanzarlo. Como señalan Chawla et al. [20], factores como el modelo de negocio y la estrategia de la marca deben ser también tenidos en cuenta, por cuanto determinan directamente las rutinas operativas y el comportamiento del personal en esta materia.

También los modelos de negocio basados en el concepto del producto como servicio (pago por el uso o alquiler) se

van extendiendo en el sector del turismo, con la idea de facilitar los desplazamientos de los viajeros a la vez que propician la reutilización o segunda vida de productos que no es necesario ni comprar ni llevar al lugar de destino. A este respecto, tener en cuenta los pasos que proponen Ritchie y Freed [9] para desarrollar una estructura de negocios circular resulta relevante, en concreto: identificar posibles bucles de material (inventariar los flujos de material en la organización e identificar los que se pueden optimizar); considerar modelos de negocio innovadores (los suministros circulares, la recuperación de recursos, la extensión de la vida útil del producto, las plataformas de intercambio, el producto como servicio); involucrar a los empleados y otras partes interesadas (intercambiar ideas con los empleados, establecer vínculos con la comunidad local, involucrar a los clientes, etc.); desarrollar un mensaje (crear una narrativa para su estrategia de economía circular con el fin de involucrar a más partes interesadas); probar y aprender (comparar y mejorar).

REFERENCIAS

- [1] I. Gaztelumendi, A. Tarí, D. Mora. *Informe sobre Economía Circular aplicada al turismo*. Segittur, p. 73, 2019.
- [2] Ostojic, P. *Industria 4.0, Economía Circular y la Cuarta Revolución Industrial*. Publicado el 13 de mayo de 2016 en <https://www.petarostojic.cl/industria-40-economia-circular-cuarta-revolucion-industrial/> (último acceso, 5 de octubre de 2021).
- [3] M. Geissdoerfer, P. Savaget, N.M. Bocken, E.J. Hultink. The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, vol. 143, pp. 757-768, 2017.
- [4] E.B. Sari. Reflections of industry 4.0 to management of service enterprises: smart hotels. *International Journal of Contemporary Tourism Research*, vol. 2, n. 2, pp. 33-40, 2018.
- [5] Y. Lu. Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 6, pp. 1-10, 2017.
- [6] T. Pencarelli. The digital revolution in the travel and tourism industry. *Information Technology & Tourism*, vol. 22, pp. 455-476, 2020.
- [7] A. Vargas-Sánchez. Exploring the concept of Smart Tourist Destination. *Enlightening Tourism. A Pathmaking Journal*, vol. 6, n. 2, pp. 178-196, 2016.
- [8] A. Vargas-Sánchez. Simbiosis industrial en destinos turísticos. *Economía Industrial*, n. 418, pp. 109-118, 2020.
- [9] K.J. Ritchie, E.C. Freed. *Circular Economy for Dummies*. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2021.
- [10] Ellen MacArthur Foundation. *Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe*. Cowes, United Kingdom: Ellen MacArthur Foundation, 2015.
- [11] N.M.P. Bocken, S.W. Short. Unsustainable business models – Recognising and resolving institutionalised social and environmental harm. *Journal of Cleaner Production*, vol. 312, 127828 (14 pp.), 2021.
- [12] F. Sørensen, J.O. Bærenholdt, K.A.G.M. Greve. Circular economy tourist practices. *Current Issues in Tourism*, vol. 23, n. 22, pp. 2762-2765, 2020.
- [13] V. Mazilescu. Tourism and travel can effectively benefit from technologies associated with Industry 4.0. *XXth International Conference "Risk in Contemporary Economy"*. Galati, Romania, 2019.
- [14] I. Gaztelumendi, A. Tarí, D. Mora. *Informe sobre Economía Circular aplicada al turismo*. Segittur, 2019.
- [15] C.M.Q. Ramos, I.S. Brito. The Effects of Industry 4.0 in Tourism and Hospitality and Future Trends in Portugal. En A. Hassan, A. Sharma (Ed.) *The Emerald Handbook of ICT in Tourism and Hospitality*. Bingley: Emerald Publishing Limited, pp. 367-378, 2020.
- [16] S.-Y. Pan, M. Gao, H. Kim, K.J. Shah, S.-L. Pei, P.-C. Chiang. Advances and challenges in sustainable tourism toward a green economy. *Science of the Total Environment*, vol. 635, pp. 452-469, 2018.
- [17] P. Del Vecchio, C. Malandugno, G. Passiante, G.; Sakka. Circular economy business model for smart tourism: the case of Ecobnb. *EuroMed Journal of Business*, vol. ahead-of-print, n. ahead-of-print, 2021, <https://doi.org/10.1108/EMJB-09-2020-0098>
- [18] A. Vargas-Sánchez. The unavoidable disruption of the circular economy in tourism. *Worldwide Hospitality and Tourism Themes*, vol. 10, n. 6, pp. 652-661, 2018.
- [19] P. Centobelli, R. Cerchione, D. Chiaroni, P. Del Vecchio, A. Urbinati. Designing business models in circular economy: a systematic literature review and research agenda. *Business Strategy and the Environment*, vol. 29, pp. 1734-1749, 2020.
- [20] G. Chawla, P. Lugosi, R. Hawkins. Food Waste Drivers in Corporate Luxury Hotels: Competing Perceptions and Priorities across the Service Cycle. *Tourism and Hospitality*, vol. 2, pp. 302-318, 2021.

